

BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-047092

(43)Date of publication of application : 14.02.1997

(51)Int.Cl.

H02P 15/00  
H02K 7/11

(21)Application number : 07-251944

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 04.09.1995

(72)Inventor : YAMADA EIJI  
KAWABATA YASUMI  
MIYATANI TAKAO

(30)Priority

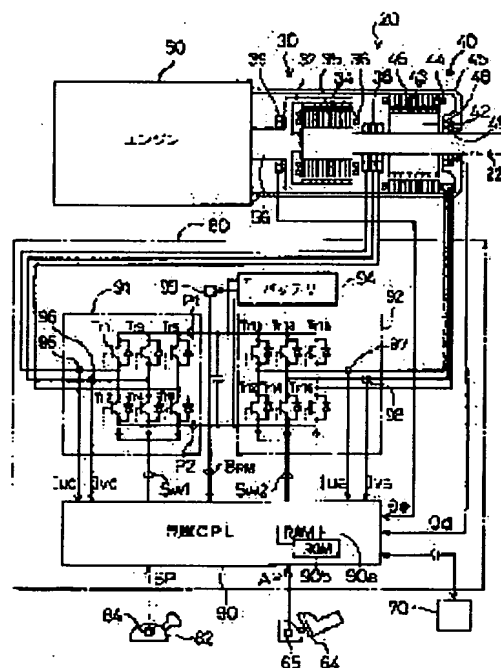
Priority number : 07145575 Priority date : 19.05.1995 Priority country : JP

## (54) POWER TRANSMISSION AND ITS CONTROL METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To transmit the pulsating components of power generated from a prime mover, producing a rotary power from a pulsating output, while reducing through a power transmission to an output shaft.

**SOLUTION:** A power transmission 20 coupled with the crankshaft 56 of an engine 50 is provided with a clutch motor 30 and an assist motor 40 and controlled through a controller 80. The engine 50 is subjected to feedback r.p.m. control by the torque of clutch motor 30 such that the engine 50 is operated stably at target torque and r.p.m. The engine 50 is not controlled in the dead band, i.e., the range where the r.p.m. is fluctuated (rotational fluctuation, pulsation of torque) by the pulsating output of engine 50 during steady operation or the range where the r.p.m. of engine 50 is within a threshold value Nref2 from the target r.p.m. Since a dead band is provided, rotational fluctuation (pulsation of torque) is not transmitted to the drive shaft 22.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3063589

[Date of registration] 12.05.2000

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The prime mover which has an output shaft and is made to rotate this output shaft with the pulsating output, The motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which combines with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota, and is combined with this 2nd Rota, It is the transmission equipped with the motor control means which controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota in said motor. It has an output-shaft condition detection means to detect the condition of the output shaft of said prime mover. Said motor control means The transmission which is a means to control extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota to become predetermined within the limits including a goal state about the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means.

[Claim 2] Said motor control means is a transmission according to claim 1 which is a means to control the condition of the output shaft of this prime mover to become said predetermined within the limits when the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means is in predetermined within the limits of \*\* a 2nd including said predetermined range.

[Claim 3] Said predetermined range is a transmission according to claim 1 or 2 which is the range [ a little ] larger than the range where the condition of said output shaft may be changed with the output which this prime mover ripples, or the this range which may be changed when this prime mover is operated so that the condition of the output shaft of said prime mover may turn into a goal state.

[Claim 4] The prime mover which has an output shaft and is made to rotate this output shaft with the pulsating output, Combine with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, and it has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota. The 1st motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft combined with this 2nd Rota, The 1st motor control means which controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota in said 1st motor, The 2nd motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which has the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of said 1st motor, and is combined with this 3rd Rota, It is a transmission equipped with the 2nd motor control means which carries out drive control of this 2nd motor. It has an output-shaft condition detection means to detect the condition of the output shaft of said prime mover. Said 1st motor control means It is a means to control extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota to be in a goal state about the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means. Said 2nd motor control means is a transmission which is the means which carries out drive control of said 2nd motor so that the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota may be reduced and transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota.

[Claim 5] It is a transmission equipped with the pulsating component reduction means which carries out drive control of said 2nd motor so that it may be a transmission according to claim 4

and said 2nd motor control means may be reduced and transmitted to a pulsating component detection means detect the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota, and the revolving shaft, with which the this detected pulsating component was combined with said 3rd Rota.

[Claim 6] Said pulsating component detection means is a transmission according to claim 5 which is a means to detect the pulsating component of said torque based on extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said 1st motor control means.

[Claim 7] Said pulsating component detection means is a transmission according to claim 5 which is a means for the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means to be based, and to detect the pulsating component of said torque.

[Claim 8] The pulsating component and the magnitude of torque which are transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota are the same, there is no claim 5 which is the means which carries out drive control of said 2nd motor so that the torque which has the pulsating component from which a phase differs a semicircle term may be made to act on the revolving shaft combined with said 3rd Rota, and said pulsating component reduction means is the transmission of a publication 7 either.

[Claim 9] It is a transmission according to claim 4. Said 2nd motor control means A pulsating component detection means to detect the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota, A frequency operation means to calculate the frequency of the pulsating component of the detected this torque, The sinusoidal torque addition means which carries out sequential addition of the sinusoidal torque by which sequential adjustment of the amplitude and the phase is carried out on the calculated this frequency at the revolving shaft combined with said 3rd Rota, It has a sinusoidal torque decision means to determine the sinusoidal torque of the amplitude and a phase which reduces the pulsating component of said torque detected by said pulsating component detection means from this sinusoidal torque by which sequential addition is carried out. The transmission which is the means which carries out drive control of this 2nd motor so that the determined this sinusoidal torque may be added to the revolving shaft combined with said 3rd Rota by said 2nd motor.

[Claim 10] Said pulsating component detection means is a transmission according to claim 9 which is a means to detect the pulsating component of the torque transmitted based on the rotation condition of the revolving shaft combined with said 3rd Rota.

[Claim 11] Said 2nd motor control means is a transmission [ equipped with a frequency operation means to calculate the frequency of the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota based on the condition of the output shaft of said prime mover which replaces with said frequency operation means and is detected by said output-shaft condition detection means ] according to claim 9.

[Claim 12] There is no claim 1 which is in the rotation condition of this output shaft, and the condition of the output shaft of said prime mover is the transmission of a publication 11 either.

[Claim 13] There is no claim 1 which is the output state of the torque to this output shaft of this prime mover, and the condition of the output shaft of said prime mover is the transmission of a publication 11 either.

[Claim 14] There is no claim 1 which is the deflection of the rotational frequency of the output shaft of said prime mover and the rotational frequency of the 2nd Rota of said motor, and the condition of said output shaft is the transmission of a publication 11 either.

[Claim 15] The prime mover which has an output shaft and is made to rotate this output shaft with the pulsating output, The motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which combines with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota, and is combined with this 2nd Rota, It is the control approach of the transmission equipped with the combinable motor control circuit for between said 1st and 2nd Rota in said motor electromagnetic. The control approach of the transmission which controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said motor control circuit so that the condition of the output shaft of said prime mover is detected and the condition of having

been this detected becomes predetermined within the limits including a goal state.

[Claim 16] The prime mover which has an output shaft and is made to rotate this output shaft with the pulsating output, Combine with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, and it has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota. The 1st motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft combined with this 2nd Rota, Between said 1st and 2nd Rota in said 1st motor electromagnetic The combinable 1st motor control circuit, The 2nd motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which has the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of said 1st motor, and is combined with this 3rd Rota, It is the control approach of a transmission equipped with the 2nd motor drive circuit which drives this 2nd motor. While the condition of the output shaft of said prime mover is detected and the condition of having been this detected controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said 1st motor control circuit to be in a goal state The control approach of the transmission which controls the drive of said 2nd motor by said 2nd motor drive circuit so that the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota is reduced and transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota.

---

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USP),

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the transmission which transmits or uses efficiently the power obtained from a prime mover, and its control approach in detail about a transmission and its control approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to have changed output torques, such as a prime mover, and to have transmitted power conventionally, the torque converter using a fluid was used. In the torque converter using a fluid, completely, the input shaft and the output shaft were not locked but the energy loss according to slipping produced among both shafts had generated them. This energy loss is correctly expressed with the product of the rotational frequency difference and the transfer torque at the time of both shafts. This energy loss will become heat and will be consumed. Therefore, by the car using such a transmission, loss of the transients at the time of start etc. is large. Moreover, even if it is at the stationary transit time, the effectiveness in power transfer cannot but become 100%, for example, compared with the transmission of manual system, the fuel consumption cannot but become low.

[0003] Not using the fluid, what is going to transmit power by machine-electrical-and-electric-equipment-machine conversion is proposed like such a transmission (for example, "array of a rotating electrical machine" etc. shown in JP,51-22132,B). This technique combines the output of a prime mover with the power means of communication which consists of a magnetic coupling and a dynamo-electric machine, and realizes the reduction gear ratio (torque conversion ratio) of  $1+P2/P1$  with the pole P1 of a dynamo-electric machine, and the pole P2 of a magnetic coupling. Since the energy loss by the fluid does not exist according to this configuration, if the effectiveness of a magnetic coupling and a dynamo-electric machine is raised, it will be thought possible to make comparatively small the energy loss of a power means of communication.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned transmission, a torque conversion ratio is immobilization and it was not able to use for a thing with the need of changing a conversion ratio widely like a car. Moreover, it was also difficult to realize a desired conversion ratio according to the operational status of a car or a prime mover. From the first, in the thing using a fluid, it is as having mentioned above that the energy loss according to slipping between shafts must have been escaped.

[0005] With the engine which takes out mechanical energy by cycles, such as the prime mover made to rotate an output shaft (input shaft to a transmission) with the output to ripple on the other hand, for example, inhalation of air, compression, combustion, and exhaust air, the power rippled to the output shaft of a transmission may be transmitted. If such a prime mover and a transmission are carried in a migration car, the device by which pulsation of the power transmitted to an output shaft is carried in a car or a car will be vibrated.

[0006] To such a problem as equipment which controls the torque pulsation in the prime mover made to rotate an output shaft conventionally with the output to ripple It has the motor which makes Rota the flywheel prepared in the crankshaft which is an engine output shaft. Although

the things (for example, JP,61-155635,A etc.) which reduce torque pulsation by making the torque of an opposite phase act on a crankshaft from a motor through a flywheel to the torque pulsation transmitted to a crankshaft are also proposed. With this equipment, since it is going to reduce torque pulsation with the flywheel attached to the prime mover (crankshaft) which is the generation source of torque pulsation, direct picking, attenuation (smoothing) of a pulsating component is small and torque required to negate a pulsating component will also become big. [0007] Moreover, since it was reflected in the behavior of the controlled system at the time of performing the operation control of a prime mover, and control of a transmission, when pulsation of power controlled finely, it detected the behavior based on pulsation of power, and also had the problem of controlling based on this behavior.

[0008] The transmission and its control approach of this invention solve such a problem, and they aim at what the pulsating component of the power from the prime mover which acquires the rotational motion force with the output to ripple is reduced with a transmission, and is transmitted to an output shaft while they transmit or output the torque of the same direction as the output direction of shaft rotation of a prime mover, using the power obtained from the prime mover efficient.

[0009]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] The prime mover which the 1st transmission of this invention has an output shaft, and is made to rotate this output shaft with the output to ripple. The motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which combines with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota, and is combined with this 2nd Rota. It is the transmission equipped with the motor control means which controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota in said motor. It has an output-shaft condition detection means to detect the condition of the output shaft of said prime mover. Said motor control means Let it be a summary to be a means to control extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota to become predetermined within the limits including a goal state about the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means.

[0010] This 1st transmission transmits the power of the prime mover made to rotate an output shaft with the output to ripple to the revolving shaft combined with the 2nd Rota by a motor's combining with the 1st Rota combined with the output shaft of a prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, and controlling extent of electromagnetic association between the 2nd pivotable Rota by the motor control means relatively to the 1st Rota. In transfer of such power, a motor control means controls extent of the 1st Rota of a motor, the 2nd Rota, and electromagnetic association of a between to become predetermined within the limits including a goal state about the condition of the output shaft of the prime mover detected by the output-shaft condition detection means.

[0011] By such control, the pulsating component of the torque by rotating an output shaft with the output which a prime mover ripples can be reduced, and it can transmit as power which does not have torque pulsation as be alike to that extent.

[0012] In this 1st transmission, said motor control means can also be considered as the configuration which is a means to control so that the condition of the output shaft of this prime mover becomes said predetermined within the limits, when the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means is in predetermined within the limits of \*\* a 2nd including said predetermined range. Since the condition of an output shaft is made into predetermined within the limits including a goal state when carrying out like this and the condition of the output shaft of a prime mover results in a steady state mostly, the condition of the output shaft of a prime mover does not carry out control to predetermined within the limits to the transition stage which is changing a lot. Consequently, the condition of the output shaft of a prime mover can be changed smoothly.

[0013] In these 1st transmission, said predetermined range shall be range [ a little ] larger than the range where the condition of said output shaft may be changed with the output which this prime mover ripples, or the this range which may be changed, when this prime mover is operated



so that the condition of the output shaft of said prime mover may turn into a goal state. If it carries out like this, fluctuation of the condition of the output shaft based on the output which a prime mover ripples cannot be transmitted as torque fluctuation, and a motor can be controlled by higher precision.

[0014] The prime mover which the 2nd transmission of this invention has an output shaft, and is made to rotate this output shaft with the output to ripple, Combine with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, and it has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota. The 1st motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft combined with this 2nd Rota, The 1st motor control means which controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota in said 1st motor. The 2nd motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which has the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of said 1st motor, and is combined with this 3rd Rota, It is a transmission equipped with the 2nd motor control means which carries out drive control of this 2nd motor. It has an output-shaft condition detection means to detect the condition of the output shaft of said prime mover. Said 1st motor control means It is a means to control extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota to be in a goal state about the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means. Said 2nd motor control means makes it a summary to be the means which carries out drive control of said 2nd motor so that the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota may be reduced and transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota.

[0015] The 1st Rota where, as for this 2nd transmission, the 1st motor is combined with the output shaft of a prime mover, By combining with this 1st Rota electromagnetic and controlling extent of electromagnetic association between the 2nd pivotable Rota by the 1st motor control means relatively to the 1st Rota The power of the prime mover made to rotate an output shaft with the output to ripple is transmitted to the revolving shaft combined with the 2nd Rota. The 2nd motor adjusts the power transmitted to the revolving shaft combined with the 3rd Rota through the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of the 1st motor by the 1st motor, when drive control is carried out by the 2nd motor control means.

[0016] In the case of transfer of such power, the 1st motor control means controls extent of the 1st Rota of the 1st motor, the 2nd Rota, and electromagnetic association of a between to be in a goal state about the condition of the output shaft of the prime mover detected by the output-shaft condition detection means. And the 2nd motor control means carries out drive control of the 2nd motor so that the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with the 2nd Rota may be reduced and transmitted to the revolving shaft combined with the 3rd Rota.

[0017] According to this 2nd transmission, the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with the 3rd Rota can be reduced, and power without torque pulsation can be transmitted with some extent of control.

[0018] It shall have the pulsating component reduction means which carries out the drive control of said 2nd motor so that a pulsating component detection means detect the pulsating component of the torque which said 2nd motor control means is delivered to the revolving shaft combined with said 2nd Rota, and the this detected pulsating component may decrease to the revolving shaft combined with said 3rd Rota in this 2nd transmission and it may be transmitted.

[0019] The 2nd transmission equipped with such a pulsating component detection means and a pulsating component reduction means detects the pulsating component of the torque which a pulsating component detection means is delivered to the revolving shaft combined with the 2nd Rota, and it carries out drive control in the 2nd motor so that it decreases and a pulsating component reduction means may be transmitted to the revolving shaft with which the pulsating component of this detected torque was combined with the 3rd Rota.

[0020] In the 2nd transmission equipped with this pulsating component detection means and a pulsating component reduction means, said pulsating component detection means shall be a means to detect the pulsating component of said torque based on extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said 1st motor control means. If it carries out like

this, drive control of the 2nd motor can be linked to drive control of the 1st motor.

[0021] Moreover, in the 2nd transmission equipped with this pulsating component detection means and a pulsating component reduction means, said pulsating component detection means shall be a means for the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means to be based, and to detect the pulsating component of said torque. If it carries out like this, drive control of the 2nd motor can be linked to the condition of the output shaft of a prime mover.

[0022] In the 2nd transmission equipped with these pulsating component detection means and a pulsating component reduction means said pulsating component reduction means The pulsating component and magnitude of torque which are transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota shall be the same, and it shall be the means which carries out drive control of said 2nd motor so that the torque which has the pulsating component from which a phase differs a semicircle term may be made to act on the revolving shaft combined with said 3rd Rota. If it carries out like this, it can transmit to the revolving shaft combined with the 3rd Rota as power without torque pulsation.

[0023] In the 2nd transmission moreover, said 2nd motor control means A pulsating component detection means to detect the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota, A frequency operation means to calculate the frequency of the pulsating component of the detected this torque, The sinusoidal torque addition means which carries out sequential addition of the sinusoidal torque by which sequential adjustment of the amplitude and the phase is carried out on the calculated this frequency at the revolving shaft combined with said 3rd Rota, It has a sinusoidal torque decision means to determine the sinusoidal torque of the amplitude and a phase which reduces the pulsating component of said torque detected by said pulsating component detection means from this sinusoidal torque by which sequential addition is carried out. It shall be the means which carries out drive control of this 2nd motor so that the determined this sinusoidal torque may be added to the revolving shaft combined with said 3rd Rota by said 2nd motor.

[0024] With this configuration, the frequency of the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft with which the frequency operation means was combined with the 3rd Rota detected by the pulsating component detection means is calculated, and a sinusoidal torque addition means carries out sequential addition of the sinusoidal torque by which sequential adjustment of the amplitude and the phase is carried out on this calculated frequency at the revolving shaft combined with the 3rd Rota. A sinusoidal torque decision means determines the sinusoidal torque of the amplitude and a phase which reduces the pulsating component of the torque detected by the pulsating component detection means from this sinusoidal torque by which sequential addition is carried out. And drive control of the 2nd motor is carried out so that the sinusoidal torque determined in this way may be added to the revolving shaft combined with the 3rd Rota by the 2nd motor.

[0025] According to the 2nd transmission which adds such sinusoidal torque, even if the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with the 3rd Rota changes with time, this pulsating component can be reduced more certainly.

[0026] In the 2nd transmission which adds this sinusoidal torque, said pulsating component detection means shall be a means to detect the pulsating component of the torque transmitted based on the rotation condition of the revolving shaft combined with said 3rd Rota. If it carries out like this, the pulsating component of the torque transmitted based on the rotation condition of the revolving shaft combined with the 3rd Rota is detectable.

[0027] Moreover, in the 2nd transmission which adds sinusoidal torque, said 2nd motor control means shall be replaced with said frequency operation means, and shall be equipped with a frequency operation means to calculate the frequency of the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota based on the condition of the output shaft of said prime mover detected by said output-shaft condition detection means. If it carries out like this, the frequency of the pulsating component of the torque transmitted based on the condition of the output shaft of a prime mover can be calculated.

[0028] In either of such 1st or 2nd transmission, the condition of the output shaft of said prime

mover shall be the deflection of the rotational frequency of the rotation condition of this output shaft, the output state of the torque to this output shaft of this prime mover, or the output shaft of said prime mover, and the rotational frequency of the 2nd Rota of said motor.

[0029] The prime mover which the control approach of the 1st transmission of this invention has an output shaft, and is made to rotate this output shaft with the output to ripple, The motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which combines with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota, and is combined with this 2nd Rota, It is the control approach of the transmission equipped with the combinable motor control circuit for between said 1st and 2nd Rota in said motor electromagnetic. Let it be a summary to control extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said motor control circuit so that the condition of the output shaft of said prime mover is detected and the condition of having been this detected becomes predetermined within the limits including a goal state.

[0030] thus, by controlling a transmission, the pulsating component of the torque by rotating an output shaft with the output which a prime mover ripples can be reduced, and if it is alike to that extent and depends, it can transmit as power without torque pulsation.

[0031] The prime mover which the control approach of the 2nd transmission of this invention has an output shaft, and is made to rotate this output shaft with the output to ripple, Combine with the 1st Rota combined with the output shaft of said prime mover, and this 1st Rota electromagnetic, and it has the 2nd pivotable Rota relatively to this 1st Rota. The 1st motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft combined with this 2nd Rota, Between said 1st and 2nd Rota in said 1st motor electromagnetic The combinable 1st motor control circuit, The 2nd motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which has the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of said 1st motor, and is combined with this 3rd Rota, It is the control approach of a transmission equipped with the 2nd motor drive circuit which drives this 2nd motor. While the condition of the output shaft of said prime mover is detected and the condition of having been this detected controls extent of electromagnetic association between said 1st and 2nd Rota by said 1st motor control circuit to be in a goal state Let it be a summary to control the drive of said 2nd motor by said 2nd motor drive circuit so that the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with said 2nd Rota is reduced and transmitted to the revolving shaft combined with said 3rd Rota.

[0032] Thus, by controlling a transmission, the pulsating component of the torque transmitted to the revolving shaft combined with the 3rd Rota can be reduced, and it can transmit as power without torque pulsation with some extent of control.

[0033]

[Other modes of invention] This invention can also take other following modes.

[0034] The 2nd motor which uses as the output shaft of torque the revolving shaft which the 1st mode has the 3rd Rota combined with the 2nd Rota of said motor in either of said 1st invention, and is combined with this 3rd Rota, It has the 2nd motor control means which carries out drive control of this 2nd motor. Said motor control means It shall be the means which can revive the power according to the slipping rotation produced between said 1st Rota and 2nd Rota from said motor, and said 2nd motor control means shall be a means by which said 2nd motor can be driven, using the power revived by said motor control means.

[0035] Moreover, the 2nd mode shall be a means by which said motor control means can revive the power according to the slipping rotation produced between said 1st Rota and 2nd Rota from said motor in either of said 2nd invention, and said 2nd motor control means shall be a means by which said 2nd motor can be driven, using the power revived by said motor control means.

[0036] Thus, the energy which the 1st mode, 2nd mode, then prime mover generate can be transmitted more efficiently.

[0037]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on an example. The sectional view showing the structure of the block diagram in which drawing 1 shows the outline configuration of the transmission 20 as the 1st example of this

invention, the clutch motor 30 by which drawing 2 constitutes the transmission 20 of drawing 1, and the assistant motor 40, and drawing 3 are the block diagrams showing the outline configuration containing the engine 50 of the car incorporating the transmission 20 of drawing 1. It explains from the configuration of the whole car using drawing 3 first on account of explanation.

[0038] This car is equipped with the gasoline engine operated with a gasoline as an engine 50 which is a source of power as shown in drawing 3. This engine 50 inhales the gaseous mixture of the air inhaled through the throttle valve 66 from the inhalation-of-air system, and the gasoline injected from the fuel injection valve 51 to a combustion chamber 52, and changes into rotation of a crankshaft 56 movement of the piston 54 depressed by explosion of this gaseous mixture. Here, the closing motion drive of the throttle valve 66 is carried out by the actuator 68. An ignition plug 62 forms a spark with the high voltage drawn through the distributor 60 from the ignitor 58, and gaseous mixture is lit by the spark and carries out explosion combustion of it by it.

[0039] Operation of this engine 50 is controlled by the electronic control unit (hereafter referred to as EFIECU) 70. The various sensors in which the operational status of an engine 50 is shown are connected to EFIECU70. For example, it is the rotational frequency sensor 76, the angle-of-rotation sensor 78, etc. which are prepared for the coolant temperature sensor 74 and distributor 60 which detect the water temperature of the throttle-valve position sensor 67 which detects the opening (position) of a throttle valve 66, the inlet-pipe negative pressure sensor 72 which detects the load of 50 of a prime mover, and an engine 50, and detect the rotational frequency and angle of rotation of a crankshaft 56. In addition, although the starting switch 79 which detects the condition ST of an ignition key was connected to EFIECU70 in addition to this, illustration of other sensors, a switch, etc. was omitted.

[0040] The transmission 20 of this example is combined with the crankshaft 56 of an engine 50. The driving shaft 22 of a transmission 20 is combined with the differential gear 24, and, finally the torque from a transmission 20 is transmitted to the driving wheels 26 and 28 on either side. This transmission 20 is controlled by the control unit 80. Although the configuration of a control unit 80 is explained in full detail later, the interior is equipped with Control CPU and the accelerator pedal position sensor 65 formed in the shift position sensor 84 formed in the shift lever 82 or the accelerator pedal 64 is connected. Moreover, the control unit 80 is exchanging various information by EFIECU70 and the communication link which were mentioned above. About control including the exchange of such information, it mentions later.

[0041] The configuration of a transmission 20 is explained. As shown in drawing 1, the transmission 20 attached in the end of the crankshaft 56 of an engine 50 consists of control units 80 which drive and control greatly the clutch motor 30 by which the outer rotor 32 was mechanically combined with the crankshaft 56, the assistant motor 40 which has Rota 42 mechanically combined with the inner rotor 34 of this clutch motor 30, and the clutch motor 30 and the assistant motor 40.

[0042] Drawing 1 explains the outline configuration of each motor. As shown in drawing 1, the clutch motor 30 equips the inner-skin of an outer rotor 32 with a permanent magnet 35, and is constituted as a synchronous motor which winds the coil 36 of a three phase around the slot formed in the inner rotor 34. The power to this three phase coil 36 is supplied through the rotation transformer 38. The part which forms the slot and teeth for three phase coil 36 in the inner rotor 34 consists of carrying out the laminating of the sheet metal of a non-oriented magnetic steel sheet. In addition, although the resolver 39 which detects that angle-of-rotation  $\theta$  is formed in the crankshaft 56, this resolver 39 can also be used also [ sensor / 78 / which was prepared for the distributor 60 / angle-of-rotation ].

[0043] On the other hand, although the assistant motor 40 is also constituted as a synchronous motor, the three phase coil 44 which forms rotating magnetic field is wound around the stator 43 fixed to the case 45. This stator 43 is also formed by carrying out the laminating of the sheet metal of a non-oriented magnetic steel sheet. Two or more permanent magnets 46 are formed in the peripheral face of Rota 42. By the assistant motor 40, Rota 42 rotates by the interaction with the field which a field and the three phase coil 44 form with this permanent magnet 46. The

shaft with which Rota 42 was combined mechanically is the driving shaft 22 which is an output shaft of the torque of a transmission 20, and the resolver 48 which detects the angle-of-rotation  $\theta_{td}$  is formed in the driving shaft 22. Moreover, the driving shaft 22 is supported to revolve by the bearing 49 prepared in the case 45.

[0044] The clutch motor 30 and the assistant motor 40 to apply are combined mechanically [ the inner rotor 34 of the clutch motor 30 ] to Rota 42 of the assistant motor 40, as a result a driving shaft 22. Therefore, the relation between an engine 50 and both the motors 30 and 40 will be referred to as that the rotation and torque by the assistant motor 40 are subtracted and added by this, when saying \*\*\*\* and rotation of the crankshaft 56 of an engine 50 and the output torque are transmitted to the inner rotor 34 from the outer rotor 32 of the clutch motor 30.

[0045] Although the assistant motor 40 is constituted as a usual permanent-magnet type three phase synchronous motor, the clutch motor 30 is constituted so that the outer rotor 32 which has a permanent magnet 35, and the inner rotor 34 equipped with the three phase coil 36 may both be rotated. Then, it supplements about the detail of the configuration of the clutch motor 30 using drawing 2. The outer rotor 32 of the clutch motor 30 is attached in the periphery edge of the wheel 57 by which fitting was carried out to the crankshaft 56 by press fit pin 59a and screw 59b. The core of a wheel 57 protrudes on the axial configuration, Bearings 37A and 37B are used here, and the inner rotor 34 is attached in it free [ rotation ]. Moreover, the end of a driving shaft 22 is being fixed to the inner rotor 34.

[0046] It already explained that the permanent magnet 35 was formed in the outer rotor 32. In the example, four of this permanent magnet 35 are prepared and it is stuck on the inner skin of an outer rotor 32. The magnetization direction is a direction which goes to the shaft center of the clutch motor 30, and the direction of a magnetic pole has reverse sense every other one. If this permanent magnet 35 and the three phase coil 36 of the inner rotor 34 which counters with few gaps are wound around a total of 24 slots (not shown) prepared in the inner rotor 34 and are energized in each coil, they will form the magnetic flux which passes along the teeth which separate a slot. This field will be rotated if the three-phase alternating current is passed in each coil. Each of the three phase coil 36 is connected so that supply of power may be received from the rotation transformer 38. This rotation transformer 38 consists of secondary-winding 38B attached in the driving shaft 22 combined with primary-winding 38A fixed to the case 45, and the inner rotor 34, and can exchange power bidirectionally between primary-winding 38A and secondary-winding 38B by electromagnetic induction. In addition, in order to exchange the current of a three phase (U, V, W phase), the coil for a three phase is prepared for the rotation transformer 38.

[0047] An outer rotor 32 and the inner rotor 34 show various behavior by the interaction of the field which the permanent magnet 35 of an adjoining lot forms, and the rotating magnetic field which the three phase coil 36 prepared in the inner rotor 34 forms. Usually, the frequency of the three-phase alternating current passed in the three phase coil 36 is made into the frequency of the deflection of the rotational frequency (rotational frequency for 1 second) of an outer rotor 32 and the rotational frequency of the inner rotor 34 which were directly linked with the crankshaft 56. Consequently, slipping will be produced in both rotation. The detail of control of the clutch motor 30 and the assistant motor 40 is explained in detail later using a flow chart.

[0048] Next, the control unit 80 which drives and controls the clutch motor 30 and the assistant motor 40 is explained. The control device 80 consists of dc-batteries 94 which are the control CPU 90 and the rechargeable battery which control the 1st drive circuit 91 which drives the clutch motor 30, the 2nd drive circuit 92 which drives the assistant motor 40, and both the drive circuits 91 and 92. Control CPU 90 is one chip microprocessor, and equips the interior with RAM90a for work pieces, ROM90b which memorized the processing program, input/output port (not shown) and EFIECU70, and the serial communication port (not shown) that performs a communication link. In this control CPU 90, angle-of-rotation  $\theta_{tae}$  of the engine 50 from a resolver 39, The accelerator pedal position AP from angle-of-rotation  $\theta_{td}$  of the driving shaft 22 from a resolver 48, and the accelerator pedal position sensor 65 (the amount of treading in of an accelerator pedal) The clutch current values  $I_{uc}$  and  $I_{vc}$  from two current detectors 95 and 96 prepared in the shift position SP from the shift position sensor 84, and the 1st drive circuit

91, The assistant current values  $I_{ua}$  and  $I_{va}$  from two current detectors 97 and 98 prepared in the 2nd drive circuit, the remaining capacity BRM from the remaining capacity detector 99 which detects the remaining capacity of a dc-battery 94 are inputted through input port. In addition, what the remaining capacity detector 99 measures the specific gravity of the electrolytic solution of a dc-battery 94 or the weight of the whole dc-battery 94, and detects remaining capacity, the thing which calculates the current value and time amount of charge and discharge, and detects remaining capacity, the thing which detects remaining capacity by making between the terminals of a dc-battery short-circuit momentarily, and measuring sink internal resistance for a current are known.

[0049] Moreover, from control CPU 90, the control signal SW2 which drives six transistors Tr11 as the control signal SW1 which drives six transistors Tr1 which are the switching elements prepared in the 1st drive circuit 91 thru/or Tr6, and a switching element prepared in the 2nd drive circuit 92 thru/or Tr16 is outputted. Six transistors Tr1 in the 1st drive circuit 91 thru/or Tr6 constitute the transistor inverter, two pieces are arranged at a time in a pair, respectively so that it may become a source and sink side to power-source Rhine P1 and P2 of a pair, and each of the three phase coil (UVW) 36 of the clutch motor 30 is connected through the rotation transformer 38 at the node. Power-source Rhine P1 and P2 controls sequentially the rate of the transistor Tr1 which makes a pair by control CPU 90 since it connects with the plus [ of a dc-battery 94 ], and minus side, respectively thru/or the ON time amount of Tr6 with a control signal SW1, and if the current which flows in each coil 36 is made into a false sine wave by PWM control, rotating magnetic field will be formed with the three phase coil 36.

[0050] On the other hand, six transistors Tr11 of the 2nd drive circuit 92 thru/or Tr16 also constitute the transistor inverter, is arranged, respectively, and the node of the transistor which makes a pair is connected to each of the three phase coil 44 of the assistant motor 40. [ as well as the 1st drive circuit 91 ] Therefore, the transistor Tr11 thru/or the ON time amount of Tr16 which makes a pair by control CPU 90 is sequentially controlled with a control signal SW2, and if the current which flows in each coil 44 is made into a false sine wave by PWM control, rotating magnetic field will be formed with the three phase coil 44.

[0051] Actuation of the transmission 20 which explained the configuration above is explained. The principle of operation of a transmission 20, especially the principle of torque conversion are as follows. An engine 50 is operated by EFIGU70 and suppose that it is rotating at the predetermined rotational frequency N1. Supposing the control device 80 is not passing the current at all in the three phase coil 36 of the clutch motor 30 through the rotation transformer 38 at this time Namely, if the transistor Tr1 of the 1st drive circuit 91 thru/or Tr6 are always OFF states Since no current also flows in the three phase coil 36, the outer rotor 32 and the inner rotor 34 of the clutch motor 30 will be in the condition of not being combined at all electromagnetic, and the crankshaft 56 of an engine 50 will be in the condition of having idled. In this condition, since a transistor Tr1 thru/or Tr6 are off, regeneration from the three phase coil 36 is not performed, either. That is, the engine 50 will carry out idle rotation.

[0052] If the control CPU 90 of a control device 80 outputs a control signal SW1 and carries out on-off control of the transistor, according to the deflection (engine-speed difference [ in other words ] of an outer rotor 32 and the inner rotor 34 in the clutch motor 30) of the engine speed of the crankshaft 56 of an engine 50, and the engine speed of a driving shaft 22, a fixed current will flow in the three phase coil 36 of the clutch motor 30. That is, the clutch motor 30 functions as a generator, a current is revived through the 1st drive circuit 91, and a dc-battery 94 is charged. At this time, it will be in the integrated state in which slipping with fixed outer rotor 32 and inner rotor 34 exists. That is, the inner rotor 34 is rotated at a rotational frequency lower than the rotational frequency of the crankshaft 56 of an engine 50. If control CPU 90 controls the 2nd drive circuit 92 by this condition so that energy equal to the revived electrical energy is consumed by the assistant motor 40, a current will flow in the three phase coil 44 of the assistant motor 40, and torque will occur in the assistant motor 40. If it compares with drawing 4 R> 4, while the crankshaft 56 will operate with an engine speed N1 and torque T1, the energy of a field G1 will be revived from the clutch motor 30, and it will be said by giving this to the assistant motor 40 that a driving shaft 22 is rotated with an engine speed N2 and torque T2. In

this way, the energy in the clutch motor 30 which responded for sliding (rotational frequency difference) will be given to a driving shaft 22 as torque, and conversion of torque will be performed.

[0053] Hereafter, the control in a control unit 80 is explained in detail. Drawing 5 is a flow chart which shows the outline of processing of the torque control in control CPU 90. If this manipulation routine is started so that it may illustrate, processing which reads the rotational frequency  $N_d$  of a driving shaft 22 first will be performed (step S100). It can ask for the engine speed of a driving shaft 22 from angle-of-rotation  $\theta_{\text{d}}$  of the driving shaft 22 read from the resolver 48. Next, processing which reads the accelerator pedal position  $AP$  from the accelerator pedal position sensor 65 is performed (step S101). An accelerator pedal 64 is broken in when it senses that an operator's output torque is insufficient, and it corresponds to the output torque (namely, torque of a driving shaft 22) to which the operator wants the value of the accelerator pedal position  $AP$ . Then, processing which derives output-torque (torque of driving shaft 22) desired value (henceforth torque command value)  $T_d^*$  according to the read accelerator pedal position  $AP$  is performed (step S102). That is, to each accelerator pedal position  $AP$ , output-torque command value  $T_d^*$  is set up beforehand, respectively, and if the accelerator pedal position  $AP$  is read, the value of output-torque command value  $T_d^*$  set up corresponding to the accelerator pedal position  $AP$  will be drawn.

[0054] Next, processing which searches for the energy  $P_d$  which should be outputted from a driving shaft 22 by count ( $P_d = T_d^* \times N_d$ ) from drawn output-torque (torque of driving shaft 22) command  $T_d^*$  and the rotational frequency  $N_d$  of the read driving shaft 22 is performed (step S103). And based on this output energy  $P_d$  searched for, processing which sets up target torque  $T_e^*$  of an engine 50 and engine target rotational frequency  $N_e^*$  is performed (step S104). Here, since the energy which an engine 50 supplies is equal to the product of an engine torque  $T_e$  and the engine speed  $N_e$  of an engine 50 when the energy  $P_d$  which should be outputted from a driving shaft 22 shall be altogether supplied with an engine 50, the relation between target torque  $T_e^*$  of the output energy  $P_d$  and an engine 50 and target engine-speed  $N_e^*$  becomes  $P_d = T_e^* \times N_e^*$ . However, the combination of target torque  $T_e^*$  of an engine 50 which satisfies this relation, and target rotational frequency  $N_e^*$  exists innumerably. So, in this example, the combination of target torque  $T_e^*$  of an engine 50 and target rotational frequency  $N_e^*$  is set up so that an engine 50 may operate in the condition that effectiveness is high as much as possible.

[0055] Next, based on set-up target torque  $T_e^*$ , processing which sets up torque command value  $T_c^*$  of the clutch motor 30 is performed (step S106). the engine speed  $N_e$  of an engine 50 is made to become about 1 law -- being alike -- what is necessary is making torque of the clutch motor 30 equal to the torque of an engine 50, and making it just balance it So, torque command value  $T_c^*$  of the clutch motor 30 is set up here so that it may become equal to target torque  $T_e^*$  of an engine 50.

[0056] In this way, after setting up clutch motor torque command value  $T_c^*$  (step S106), control (step S108) of the clutch motor 30, control (step S110) of the assistant motor 40, and control (step S111) of an engine 50 are performed. In addition, on account of illustration, although control of the clutch motor 30, control of the assistant motor 40, and control of an engine 50 were indicated as a separate step, these control is performed synthetically in fact. For example, while control CPU 90 performs control of the clutch motor 30 and the assistant motor 40 to coincidence using interruption processing, directions are transmitted to EFIECU70 by communication link, and EFIECU70 is made to also perform control of an engine 50 to coincidence.

[0057] Control (step S108 of drawing 5) of the clutch motor 30 is made by clutch motor control processing illustrated to drawing 6 and drawing 7. If this processing is performed, as for control CPU 90, target torque  $T_e^*$  of an engine 50 or target rotational frequency  $N_e^*$  will judge whether it is changed from last time (step S120). Modification of target torque  $T_e^*$  of an engine 50 or target engine-speed  $N_e^*$  is changed based on modification of the amount of treading in an operator's accelerator pedal 64 (accelerator pedal position  $AP$ ), or means that the operation point of an engine 50 was changed for other reasons. Supposing it is a time of the operation

point of such an engine 50 being changed now, at step S120, it will judge with target torque  $T_e^*$  of an engine 50 or target rotational frequency  $N_e^*$  having been changed, and will progress to step S134 of drawing 7.

[0058] At step S134, processing which reads angle-of-rotation  $\theta_{td}$  of a driving shaft 22 from a resolver 48 is performed. Next, angle-of-rotation  $\theta_{te}$  of the crankshaft 56 of an engine 50 is inputted from a resolver 39 (step S136), and processing which asks for  $\theta_{tc}$  whenever [ angular relation / of both shafts ] is performed (step S138). That is,  $\theta_c = \theta_e - \theta_d$  is calculated.

[0059] Next, processing which detects the currents  $I_{uc}$  and  $I_{vc}$  which are flowing to U phase and V phase of the three phase coil 36 of the clutch motor 30 with the current detectors 95 and 96 is performed (step S140). Although the current is flowing to the three phase of U, V, and W, since the total is zero, it is sufficient if the current which flows to two phases is measured. In this way, coordinate transformation (three phase  $\rightarrow$  2 phase-number conversion) is performed using the current of the obtained three phase (step S148). Coordinate transformation is changing into the current value of d shaft of the synchronous motor of a permanent-magnet type, and q shaft, and is performed by calculating a degree type (1).

[0060]

[Equation 1]

$$\begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_c - 120) & \sin \theta_c \\ -\cos(\theta_c - 120) & \cos \theta_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{uc} \\ I_{vc} \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

[0061] Coordinate transformation is performed in the synchronous motor of a permanent-magnet type here because it is an amount with the current of d shaft and q shaft essential when controlling torque. It is also possible to control from the first with a three phase. Next, after changing into a biaxial current value, processing which asks for current command value  $I_{dc}^*$  of each shaft searched for from torque command value  $T_c^*$  in the clutch motor 30,  $I_{qc}^*$ , the currents  $I_{dc}$  and  $I_{qc}$  that actually flowed on each shaft, and deflection, and calculates the electrical-potential-difference command values  $V_{dc}$  and  $V_{qc}$  of each shaft is performed (step S144). That is, the following formulas (2) are calculated first and then a degree type (3) is calculated.

[0062]

[Equation 2]

$$\Delta I_{dc} = I_{dc}^* - I_{dc}$$

$$\Delta I_{qc} = I_{qc}^* - I_{qc} \quad \dots (2)$$

[0063]

[Equation 3]

$$V_{dc} = K_{p1} \cdot \Delta I_{dc} + \sum K_{i1} \cdot \Delta I_{dc}$$

$$V_{qc} = K_{p2} \cdot \Delta I_{qc} + \sum K_{i2} \cdot \Delta I_{qc} \quad \dots (3)$$

[0064] Here,  $K_p$  1 and 2 and  $K_i$  1 and 2 are multipliers respectively. These multipliers are adjusted so that the property of the motor to apply may be suited.

[0065] Here, the electrical-potential-difference command values  $V_{dc}$  and  $V_{qc}$  are calculated from the part (the 1st term of the upper type (3) right-hand side) proportional to deflection  $**I$  with current command value  $I^*$ , and an accumulated part (the 2nd term of the right-hand side) of the past of i batch of deflection  $**I$ . Then, coordinate transformation (two phase  $\rightarrow$  3 phase-number conversion) equivalent to the inverse transformation of the conversion which performed the electrical-potential-difference command value calculated in this way at step S142 is performed (step S146), and processing which asks for the electrical potential differences  $V_{uc}$ ,  $V_{vc}$ , and  $V_{wc}$  actually impressed to the three phase coil 36 is performed. It asks for each electrical potential difference by the degree type (4).

[0066]

[Equation 4]



$$\begin{bmatrix} V_{uc} \\ V_{vc} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_c & -\sin \theta_c \\ \cos (\theta_c - 120) & -\sin (\theta_c - 120) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix}$$

$$V_{wc} = -V_{uc} - V_{vc} \quad \dots (4)$$

[0067] Since actual armature-voltage control is made by the transistor Tr1 of the 1st drive circuit 91 thru/or the on-off time amount of Tr6, it carries out PWM control of each transistor Tr1 thru/or the ON time amount of Tr6 so that it may become each electrical-potential-difference command value calculated by the formula (4) (step S148).

[0068] When clutch motor control is carried out the same on the operation point of an engine 50, it is judged with there being no modification in both target torque  $T_e^*$  of an engine 50, and target rotational frequency  $N_e^*$  at step S120 of drawing 6. In this case, it progresses to step S122 and the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 is read (step S122). It can also ask for the engine speed  $N_e$  of an engine 50 from angle-of-rotation  $\theta_{tae}$  of the crankshaft 56 read from the resolver 39, and it can also carry out direct detection also by the engine-speed sensor 76 prepared for the distributor 60. When using the rotational frequency sensor 76, the information on a rotational frequency  $N_e$  will be received from EFIECU70 connected to the rotational frequency sensor 76 by communication link.

[0069] Next, deflection  $**N_e$  is computed by reducing the rotational frequency  $N_e$  read from target rotational frequency  $N_e^*$  (step S124), and the absolute value of deflection  $**N_e$  is compared with a threshold  $N_{ref1}$  and a threshold  $N_{ref2}$  (steps S126 and S128). Here, in order to be stabilized and to operate an engine 50 so that a threshold  $N_{ref1}$  may be a threshold which sets up the field it can consider that resulted in the steady operation condition on the operation point and an engine 50 may mention it later within the limits of this (a rotational frequency  $N_e$  is the range of target rotational frequency  $N_e^*$  to less than one threshold  $N_{ref}$ ), the feedback control by the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30 (torque  $T_e$  of an engine 50) is made about the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50. In addition, since the field which can be regarded as the engine 50 having resulted in usual state operational status on the constant operation point becomes settled with a class, a property, the operation point of an engine 50, etc., it takes these into consideration also for a threshold  $N_{ref1}$ , and is set up according to an individual.

[0070] Moreover, a threshold  $N_{ref2}$  is a threshold which sets up the field of the neutral zone from target engine-speed  $N_e^*$  in this feedback control, and when an engine 50 is operated by target torque  $T_e^*$  and target engine-speed  $N_e^*$ , it is set up so that the pulsating component (rotation unevenness or rotation variation) of the engine speed  $N_e$  based on the output (output by cycles, such as inhalation of air, compression, combustion, and exhaust air) which an engine 50 ripples may be included. The torque  $T_c$  of an engine 50 and pulsation of a rotational frequency  $N_e$  are illustrated to drawing 8. In the example, it is set as a bigger value a little than the one half of a wave amplitude where the pulsating component of a rotational frequency  $N_e$  shows a threshold  $N_{ref2}$  so that it may illustrate. Since the pulsating component of such an engine speed  $N_e$  changes with a class, properties, the operation points of an engine 50, etc., a threshold  $N_{ref2}$  also takes these into consideration, and it is defined according to an individual.

[0071] At step S126, when the absolute value of deflection  $**N_e$  is larger than a threshold  $N_{ref1}$ , it judges that the engine 50 has not resulted in a steady operation condition, and progresses to step S134 of drawing 7. At steps S126 and S128, when the absolute value of deflection  $**N_e$  is larger than a threshold  $N_{ref2}$  at one or less threshold  $N_{ref}$  Subtract what multiplied the control gain  $K_n$  by deflection  $**N_e$  from torque command value  $T_c^*$  when performing this clutch motor control last time, and it sets up as new torque command value  $T_c^*$  (step S130). When the absolute value of deflection  $**N_e$  is two or less threshold  $N_{ref}$ , the last torque command value  $T_c^*$  is set up as torque command value  $T_c^*$  new as it is (step S132), and it progresses to step S134 of drawing 7.

[0072] Computing new torque command value  $T_c^*$  by  $T_c^* - K_n$  and  $**N_e$  of formula  $T_c^* =$  last time at step S130 here When the output energy  $P_d$  from an engine 50 is fixed The torque  $T_e$  of an engine 50 is equal to the torque  $T_c$  of the clutch motor 30, and since the output energy  $P_d$  is

calculated by the engine speed  $N_e$  of an engine 50, and the product with Torque  $T_e$ , it is because the engine speed  $N_e$  of an engine 50 is in inverse proportion to the torque  $T_c$  of the clutch motor 30. Moreover, feedback control of the engine speed  $N_e$  of an engine 50 is carried out for being stabilized and operating an engine 50 in this way.

[0073] If step S126 thru/or processing of S132 are shown in a graph, it will become like drawing 9. If target torque  $T_e^*$  of an engine 50 and target engine-speed  $N_e^*$  are set up, while the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 will be set as target torque  $T_e^*$ , an engine 50 is controlled by engine control (opening control, fuel-injection control, ignition control of a throttle valve 66 by EFIECU70, etc.) of step S111 of the torque control of drawing 5 mentioned later to become target torque  $T_e^*$  and target engine-speed  $N_e^*$ . if an engine 50 reaches the field (a rotational frequency  $N_e$  is a with a threshold [ target rotational frequency  $N_e^*$  to /  $N_{ref}$  ] of less than one field) of a steady operation condition -- the output energy  $P_d$  -- as for the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50, feedback control is made on a fixed curve ( $P_d = T_c \times N_e$ ) by the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30 (torque  $T_e$  of an engine 50). If the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 goes into the field (a rotational frequency  $N_e$  is a with a thresholds [ target rotational frequency  $N_e^*$  to /  $N_{ref}$  ] of less than two field) of a neutral zone (i.e., if it enters in a central box in the graph of drawing 9), feedback control will not be made but will hold the condition. Therefore, feedback control based on the pulsating component (rotation unevenness and rotation variation) of an engine speed  $N_e$  is not performed. Consequently, the pulsating component of such power is not transmitted to a driving shaft 22.

[0074] Next, the torque control (step S110 of drawing 5) by the assistant motor 40 is explained based on the assistant motor control processing illustrated to drawing 10 and drawing 11 R> 1. In assistant motor control processing, control CPU 90 performs processing which reads the rotational frequency  $N_d$  of a driving shaft 22 first (step S150). It can ask for the engine speed of a driving shaft 22 from angle-of-rotation  $\theta_{d0}$  of the driving shaft 22 read from the resolver 48. Then, processing which reads the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 is performed (step S152).

[0075] Then, processing which searches for the engine-speed difference  $N_c$  of both shafts by count ( $N_c = N_e - N_d$ ) is performed from the engine speed  $N_d$  of the read driving shaft 22, and the engine speed  $N_e$  of an engine 50 (step S154). Next, processing which calculates the power generated by the clutch motor 30 side is performed (step S156). That is, the power (energy)  $P_c$  revived is calculated as  $P_c = K_{sc} \times N_c \times T_c$ .  $T_c$  is the actual torque in the clutch motor 30 here, and since  $N_c$  is a rotational frequency difference,  $N_c \times T_c$  is equivalent to searching for the energy equivalent to the field  $G_1$  in drawing 4.  $K_{sc}$  is the effectiveness of a generation of electrical energy (regeneration) of the clutch motor 30.

[0076] Then, torque command value  $T_a^*$  given by the assistant motor 40 is calculated as  $T_a^* = k_{sa} \times P_c / N_d$  (step S158). In addition,  $k_{sa}$  is the effectiveness of assistant motor 40 self. It judges whether it is over maximum torque  $T_{max}$  which torque command value  $T_a^*$  for which it asked can give by the assistant motor 40 (step S160), and when having exceeded, processing restricted to maximum is performed (step S162).

[0077] Next, processing (step S166) which detects angle-of-rotation  $\theta_{d0}$  of a driving shaft 22 using a resolver 48 (step S164), and detects each phase current of the assistant motor 40 using the current detectors 97 and 98 further is performed. Then, as shown in drawing 11, the operation of coordinate transformation (step S168) and the electrical-potential-difference command values  $V_{da}$  and  $V_{qa}$  is performed like the clutch motor 30 (step S170), backseat label conversion (step S172) of an electrical-potential-difference command value is performed further, the transistor  $Tr_{11}$  of the 2nd drive circuit 92 of the assistant motor 40 thru/or the on-off control time amount of  $Tr_{16}$  are found, and PWM control is performed (step S174). These processings are completely the same as that of what was performed about the clutch motor 30.

[0078] Next, control (step S111) of an engine 50 is explained. As an engine 50 will be in a steady operation condition on the operation point by target torque  $T_e^*$  and target rotational frequency  $N_e^*$  which are set up in step S104 of drawing 5, control of the torque  $T_e$  and a rotational frequency  $N_e$  is made. In fact, directions are transmitted to EFIECU70 by communication link from control CPU 90, and fuel oil consumption and throttle-valve opening are fluctuated, and it

adjusts gradually so that the torque of an engine 50 may become target torque  $T_{e*}$  and a rotational frequency may become target rotational frequency  $N_{e*}$ .

[0079] The power revived by the clutch motor 30 by the above processing in proportion to the deflection of the engine speed of the crankshaft 56 of the torque 50 changed into power by the clutch motor 30 at the predetermined effectiveness  $K_{sc}$ , i.e., an engine, and the engine speed of the inner rotor 34 of the clutch motor 30 can give as torque a driving shaft 22 in the assistant motor 40. The torque which the assistant motor 40 gives to a driving shaft 22 is in agreement with the torque changed into power by the clutch motor 30. Consequently, in drawing 4, the energy of a field  $G1$  can be moved to a field  $G2$ , and torque conversion can be performed.

[0080] And if the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 goes into the range of less than one threshold  $N_{ref}$  from target rotational frequency  $N_{e*}$ , since feedback control of the rotational frequency  $N_e$  is carried out by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30, on the operation point of target torque  $T_{e*}$  and target rotational frequency  $N_{e*}$ , it is stabilized and an engine 50 can be operated. Moreover, since the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 does not perform feedback control by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 of a rotational frequency  $N_e$  in the with a thresholds [  $N_{ref}$  ] of less than two range from target rotational frequency  $N_{e*}$ , the rotation unevenness (torque pulsation) of a crankshaft 56 based on the output which an engine 50 ripples is not transmitted to a driving shaft 22. Consequently, the vibration of a car based on the output which an engine 50 ripples can be prevented, and a degree of comfort can be raised more.

[0081] Although it is actually difficult for the energy shown in the field  $G1$  from the first since some loss existed also in the clutch motor 30, the assistant motor 40 or the 1st drive circuit 91, and the 2nd drive circuit 92, and the energy shown in the field  $G2$  to be completely in agreement, since what has effectiveness very close [ the synchronous motor itself ] to 1 is obtained, the loss in both motors is comparatively small. Moreover, since very small things, such as GTO, are known, a transistor  $Tr1$  thru/or the on resistance of  $Tr16$  can also make loss in the 1st drive circuit 91 and the 2nd drive circuit 92 a thing small enough. Therefore, in the three phase coil 36, the great portion of deflection of the rotational frequency of both shafts, i.e., slipping of rotation between both shafts, is changed into the energy of a generation of electrical energy, and it is transmitted to a driving shaft 22 as torque in the assistant motor 40.

[0082] Although feedback control of the rotational frequency  $N_e$  was carried out by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 in the example when the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 went into the range of less than one threshold  $N_{ref}$  from target rotational frequency  $N_{e*}$ , it is good also as a configuration which does not set up a threshold  $N_{ref1}$  only by appointing the field (the range of target rotational frequency  $N_{e*}$  to less than two thresholds  $N_{ref}$ ) which does not perform feedback control.

[0083] Next, transmission 20B which is the 2nd example of this invention is explained. Transmission 20B of the 2nd example is carrying out the same hard configuration as the transmission 20 of the 1st example. Therefore, the explanation about the hard configuration of transmission 20B of the 2nd example and the explanation about the fundamental principle of operation of transmission 20B are omitted. In addition, unless it shows clearly, the sign used on the occasion of explanation of the 1st example is used in the semantics same as it is.

[0084] Although transmission 20B of the 2nd example also performs the torque control of drawing 5 which the control unit 80 of the transmission 20 of the 1st example performs, it replaces with the assistant motor control of drawing 10 and drawing 11 which replace with drawing 6 performed at step S108, and the clutch motor control of drawing 7, and perform drawing 1212 and the clutch motor control of drawing 7 at step S110, and drawing 13 and the assistant motor control of drawing 11 are performed. It explains focusing on a point which is different from the control in the 1st example hereafter about the clutch motor control and assistant motor control which transmission 20B of this 2nd example performs.

[0085] In clutch motor control processing, control CPU 90 first performs step S120 of the clutch motor control ( drawing 6 ) of the 1st example step S220 of the same processing as S126 thru/or S226. That is, whether target torque  $T_{e*}$  of an engine 50 or target rotational frequency  $N_{e*}$  is changed from last time judges (step S220), and when not changed, the rotational

frequency  $N_e$  of an engine 50 reads (step S222). And deflection  $**N_e$  is computed by reducing the rotational frequency  $N_e$  read from target rotational frequency  $N_{e*}$  (step S224), and the absolute value of deflection  $**N_e$  is compared with a threshold  $N_{ref1}$  (step S226).

[0086] When the absolute value of deflection  $**N_e$  is one or less threshold  $N_{ref}$  (i.e., when the rotational frequency  $N_e$  is contained in the range of less than one threshold  $N_{ref}$  from target rotational frequency  $N_{e*}$ ), it judges that an engine 50 is in the field of a steady operation condition, what multiplied the control gain  $K_n$  by deflection  $**N_e$  is subtracted from the last torque command value  $T_{c*}$ , and it sets up as new torque command value  $T_{c*}$  (step S230). And step S134 of drawing 7 thru/or the processing of S148 mentioned above is performed.

[0087] Thus, in the clutch motor control of the 2nd example, since the field (a rotational frequency  $N_e$  is a with a thresholds [ target rotational frequency  $N_{e*}$  to /  $N_{ref}$  ] of less than two field) of the neutral zone in the clutch motor control of the 1st example is not set up, feedback control is made also by the pulsating component of the rotational frequency  $N_e$  based on the output which an engine 50 ripples. Therefore, the pulsating component of torque is transmitted to a driving shaft 22. In this way, the pulsating component of the torque transmitted to the driving shaft 22 is reduced by the assistant motor control explained below.

[0088] In assistant motor control processing, control CPU 90 performs step S150 of the assistant motor control ( drawing 10 ) of the 1st example step S250 of the same processing as S158 thru/or S258. That is, the engine speed  $N_d$  of a driving shaft 22 and the engine speed  $N_e$  of an engine 50 are read (steps S250 and S252), the engine-speed difference  $N_c$  of both shafts is calculated (step S254), and torque command value  $T_{a*}$  given by the operation (step S256) and the assistant motor 40 of power which are generated by the clutch motor 30 side is calculated (step S258).

[0089] Next, the difference of torque command value  $T_{a*}$  to torque command value  $T_{c*}$  and target torque  $T_{e*}$  for which it asked is reduced, and new torque command value  $T_{a*}$  is set up (step S259). Here, torque command value  $T_{c*}$  is torque command value  $T_{c*}$  used after step S134 of drawing 7 which becomes settled by step S220 of drawing 12 thru/or processing of S230. That is, it is new torque command value  $T_{c*}$  set up by this processing when processing of step S230 of drawing 12 was performed, and when not performing step S230, it is torque command value  $T_{c*}$  set up at step S106 of drawing 5 .

[0090] If such new torque command value  $T_{a*}$  is set up next, it judges whether it is over maximum torque  $T_{amax}$  which this torque command value  $T_{a*}$  can give by the assistant motor 40 (step S260), and when having exceeded, processing restricted to maximum will be performed (step S262). And step S164 of drawing 11 thru/or the processing of S174 mentioned above is performed.

[0091] In transmission 20B of the 2nd example, clutch motor control and assistant motor control are performed synchronously. That is, the electrical potential differences  $V_{uc}$ ,  $V_{vc}$ , and  $V_{wc}$  impressed to the three phase coil 36 in clutch motor control and the electrical potential differences  $V_{ua}$ ,  $V_{va}$ , and  $V_{wa}$  impressed to the three phase coil 44 in assistant motor control are calculated by synchronization, PWM control (step S174 of drawing 11 ) is synchronized, and the transistor  $Tr_{11}$  thru/or the ON time amount of  $Tr_{16}$  in PWM control (step S147 of drawing 7 ) of the transistor  $Tr_1$  in clutch motor control thru/or the ON time amount of  $Tr_6$  and assistant motor control is performed.

[0092] Thus, while performing clutch motor control and assistant motor control synchronously, it is torque command value  $T_{a*}$  at step S259 of assistant motor control  $T_{a*} \leftarrow T_{a*} - (T_{c*} - T_{e*})$  By calculating the electrical potential difference which asks for by carrying out and which is impressed to the three phase coil 44, the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 through the clutch motor 30 can be negated by the assistant motor 40.

[0093] An example of the torque  $T_d$  outputted to the engine speed  $N_e$ , the torque  $T_c$  of the clutch motor 30, the torque  $T_a$  of the assistant motor 40, and the driving shaft 22 of the engine 50 which is in a steady operation condition at drawing 14 on the operation point of target torque  $T_{e*}$  and target engine-speed  $N_{e*}$  is shown. Since the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 ripples target rotational frequency  $N_{e*}$  as a core so that it may illustrate, the transfer torque  $T_c$  ripples target torque  $T_{e*}$  as a core so that this rotational frequency  $N_e$  may be made into target

rotational frequency  $N_e^*$ . On the other hand, although torque command value  $T_a^*$  (step S258) calculated from a steady state is fixed, since the difference of this torque command value  $T_a^*$  to torque command value  $T_c^*$  and target torque  $T_e^*$  is reduced, torque command value  $T_a^*$  of the assistant motor 40 will be rippled with the same amplitude as the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30. Since pulsation of this torque command value  $T_a^*$  is performed by clutch motor control and assistant motor control synchronizing, only in pi, pulsation and phase of the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30 shift. Since the transfer torque  $T_c$  from the clutch motor 30 and the torque  $T_a$  from the assistant motor 40 act to a driving shaft 22, the torque which the pulsating component of the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30 and the pulsating component of the torque  $T_a$  of the assistant motor 40 negate each other, and does not have pulsation will act.

[0094] Since the torque  $T_a$  of the assistant motor 40 is controlled to negate the pulsating component of the transfer torque  $T_c$  of the clutch motor 30 mutually even if the power for which an engine 50 ripples the engine speed  $N_e$  of an engine 50 in connection with carrying out feedback control by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 is transmitted to a driving shaft 22, torque without a pulsating component can be made to act to a driving shaft 22 according to transmission 20B of the 2nd example explained above. Therefore, the vibration of a car based on the output which an engine 50 ripples can be prevented, and a degree of comfort can be raised more.

[0095] Although the pulsating component of the torque which adjusts the pulsating component of the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 as a pulsating component of the assistant motor 40, and is transmitted to a driving shaft 22 through the clutch motor 30 was negated in the 2nd example For every operation point of an engine 50, measure beforehand the pulsating wave of the torque transmitted to a driving shaft 22 by the clutch motor 30, and it is memorized. By reversing the pulsating wave memorized according to the operation point of an engine 50, and adding to torque command value  $T_a^*$  of the assistant motor 40, it is good also as what negates the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 through the clutch motor 30. In this case, what is necessary is not to perform clutch motor control and assistant motor control synchronously, and just to perform timing of addition to torque command value  $T_a^*$  of the reversed assistant motor 40 of a pulsating wave based on angle-of-rotation  $\theta_{ae}$  of the crankshaft 56 of the engine 50 detected by the resolver 39.

[0096] Next, transmission 20C which is the 3rd example of this invention is explained. Transmission 20C of the 3rd example is carrying out the same hard configuration as the transmission 20 of the 1st example. Therefore, the explanation about the hard configuration of transmission 20C of the 2nd example and the explanation about the fundamental principle of operation of transmission 20C are omitted. In addition, unless it shows clearly also by the following explanation of the 3rd example, the sign used on the occasion of explanation of the 1st example is used in the semantics same as it is.

[0097] Although transmission 20B of the 3rd example also performs the torque control of drawing 5 which the control unit 80 of the transmission 20 of the 1st example performs, the same control as drawing 12 which replaces with drawing 6 performed at step S108 and the clutch motor control of drawing 7, and is performed in the 2nd example, and the clutch motor control of drawing 7 is replaced with the assistant motor control of drawing 10  $R > 0$  and drawing 11 which are performed at step S110, and drawing 10 and the assistant motor control of drawing 15 are performed. Since the 2nd example already explained clutch motor control, the explanation is omitted. Below, it explains focusing on a point which is different from the control in the 1st example about the assistant motor control which transmission 20B of the 3rd example performs.

[0098] As for control CPU 90, activation of assistant motor control first performs step S150 of the assistant motor control ( drawing 10 ) of the 1st example thru/or the same processing as processing of S162. Since this processing was explained in full detail in the 1st example, that explanation is omitted.

[0099] Then, it moves to processing of drawing 15, control CPU 90 detects angle-of-rotation  $\theta_{ad}$  of a driving shaft 22 using a resolver 48 (step S360), and it judges whether sinusoidal torque was determined (step S362). Here, sinusoidal torque is torque which reduces the

pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22, and is defined by the sinusoidal torque decision manipulation routine mentioned later.

[0100] Here explains a sinusoidal torque decision manipulation routine on account of explanation. This sinusoidal torque decision manipulation routine is performed when feedback control of the engine speed  $N_e$  of an engine 50 comes to be carried out by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 by clutch motor control ( drawing 12 ) (i.e., when the absolute value of deflection  $**N_e$  turns into one or less threshold  $N_{ref}$  at step S226), and it determines the torque (sinusoidal torque) which reduces the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22.

[0101] If this routine is performed, control CPU 90 will perform processing which reads the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 first (step S380). And the frequency of the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 from the rotational frequency  $N_e$  of this read engine 50 is determined (step S382). Since the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 is based on the output rippled from an engine 50, if the count of pulsation per rotation of an engine 50 is known, it can ask for the frequency of the pulsating component of torque by detecting the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50. In addition, the count of pulsation per rotation of an engine 50 is a thing of the class of engine 50, the number of gas columns and the piston of each gas column, and a crankshaft 56 which becomes settled by the method of association etc.

[0102] Next, while changing a sequential phase and adding the torque (sinusoidal torque) of the sine wave of the amplitude predetermined on the frequency for which it asked from the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 to a driving shaft 22, the rotational frequency  $N_d$  of a driving shaft 22 is detected, the rotation unevenness of a driving shaft 22 is detected, it asks for the phase to which the amplitude of this rotation unevenness becomes the smallest, and that phase is determined as a phase of sinusoidal torque (step S384). Here, by changing the phase of sinusoidal torque, although set in the example as the average of the pulsating component of the torque produced in a driving shaft 22 by the past experiment etc., if the predetermined amplitude is a value which is extent from which the rotation unevenness of a driving shaft 22 may change, it will not interfere with any values. Moreover, the rotation unevenness of a driving shaft 22 can be searched for by carrying out multiple-times detection of the rotational frequency  $N_e$  of a driving shaft 22 for every predetermined time. Moreover, the amplitude of rotation unevenness becomes settled according to the amplitude of a pulsating component. What is necessary is to apply the value of the sinusoidal torque according to angle-of-rotation  $\theta_{tad}$  of a driving shaft 22 to torque command value  $T_{a*}$  of the assistant motor 40, to set new torque command value  $T_{a*}$  as it, and just to carry out step S166 of drawing 11 thru/or processing of 174 to it as the technique of adding sinusoidal torque to a driving shaft 22, using this new torque command value  $T_{a*}$ , for example. In addition, in the example, in addition to [ every / 64 / pi / ] the value 0, the phase was changed, but no matter the value to change may be what value, it does not interfere.

[0103] Then, while changing the sequential amplitude with the phase which determined sinusoidal torque and adding to a driving shaft 22, the rotation unevenness of a driving shaft 22 is detected, it asks for the amplitude to which the amplitude of this rotation unevenness becomes the smallest, that amplitude is determined as amplitude of sinusoidal torque (step S384), and this routine is ended. In the example, although the amplitude was changed from the value [ every ] predetermined amplitude of 1/50 of the magnitude of the above-mentioned predetermined amplitude, no matter the value to change may be what value, it does not interfere. In this way, the frequency, phase, and amplitude of the sinusoidal torque which can reduce the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 are determined.

[0104] It returns to assistant motor control processing of drawing 15 , and step S362 or subsequent ones is explained. Since sinusoidal torque mentioned above is performed by the sinusoidal torque decision manipulation routine of drawing 16 and is determined when the engine speed  $N_e$  of an engine 50 is judged to have resulted in the steady state When the engine speed  $N_e$  of an engine 50 has not resulted in the steady state, or when sinusoidal torque is not determined yet by the sinusoidal torque decision manipulation routine of drawing 16 even if the engine speed  $N_e$  of an engine 50 has resulted in the steady state Step S366 thru/or the processing S166 of S374, i.e., the step of drawing 11 , and the same processing as S174 are

performed. Since the 1st example also explained this processing to the detail, that explanation is omitted here.

[0105] The value of the sinusoidal torque corresponding to angle-of-rotation  $\theta_{2d}$  of the driving shaft 22 read at step S360 on the other hand when sinusoidal torque was determined, Namely, in the formula showing sinusoidal torque, the value at the time of the time of day corresponding to angle-of-rotation  $\theta_{2d}$  of a driving shaft 22 is determined as addition torque  $T_{as}$  (step S364). This addition torque  $T_{as}$  is added to torque command value  $T_{a*}$ , it sets up as new torque command value  $T_{a*}$  (step S365), and processing after step S366 is performed.

[0106] According to transmission 20C of the 3rd example explained above, it can decrease by adding the torque of the sine wave of the phase which was made to carry out sequential change and defined the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 on the frequency for which it asked based on the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50, and the amplitude to a driving shaft 22. Consequently, the vibration of a car based on the output which an engine 50 ripples can be prevented, and a degree of comfort can be raised more. And a phase and the amplitude can reduce the pulsating component which changed, even if the pulsating component of the torque transmitted by secular use changes, since it sets every when the rotational frequency  $N_e$  of an engine 50 results in a steady state.

[0107] Although the pulsating component of the torque transmitted to a driving shaft 22 was reduced in transmission 20C of the 3rd example by the torque of the sine wave which adjusted a frequency, a phase, and the amplitude, it is good also as what is further added in quest of the 2nd sinusoidal torque which can reduce this rotation unevenness from the rotation unevenness detected at the rotational frequency  $N_d$  of the driving shaft 22 which added this sinusoidal torque upwards and added this sinusoidal torque. That is, in quest of the 2nd sinusoidal torque, it adds further from the pulsating component of the torque produced in the driving shaft 22 after adding sinusoidal torque. It can ask for the frequency of the 2nd sinusoidal torque from the rotation unevenness of a driving shaft 22, and it should just determine the 2nd phase and amplitude of sinusoidal torque by above-mentioned processing and the same processing. Furthermore, it is good also as what is added in quest of the 3rd sinusoidal torque, the 4th sinusoidal torque, etc.

[0108] Although feedback control of the engine speed  $N_e$  of an engine 50 was carried out by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 in the 1st thru/or the 3rd example explained above, it is good also as a configuration which carries out feedback control by the torque  $T_c$  of the clutch motor 30 so that the deflection of the engine speed  $N_e$  of an engine 50 and the engine speed  $N_d$  of a driving shaft 22 may be in agreement with the deflection of target engine-speed  $N_{e*}$  and an engine speed  $N_d$ .

[0109] As mentioned above, although the gestalt of operation of this invention was explained, as for this invention, it is needless to say that it can carry out with the gestalt which becomes various within limits which are not limited to the gestalt of such operation at all, and do not deviate from the summary of this invention.

[0110] For example, when the transmission shown in drawing 1 is applied to a four-wheel drive car (4WD), it becomes as [ show / in drawing 17 ]. With the configuration shown in drawing 17, the assistant motor 40 mechanically combined with the driving shaft 22 is separated from a driving shaft 22, it arranges independently in the rear wheel section of a car, and the driving wheels 27 and 29 of the rear wheel section are driven by this assistant motor 40. On the other hand, it is combined with the differential gear 24 through the gear 23, and the tip of a driving shaft 22 drives the driving wheels 26 and 28 of the front-wheel section with this driving shaft 22. It is possible to realize the 1st example mentioned above under such a configuration.

[0111] Moreover, as are shown in drawing 18 (a), and shown in the configuration and drawing 18 (b) which have been arranged so that the assistant motor 40 may intervene between an engine 50 and the clutch motor 30, the 1st example which also mentioned above the configuration arranged so that the assistant motor 40 may stand face to face against the clutch motor 30 on both sides of an engine 50 is realizable.

[0112] By the way, although the gasoline engine operated with a gasoline as an engine 50 was used in each example mentioned above, if it is the prime mover of the type which obtains power

with the output to ripple, no matter it may be what prime mover, it can use.

[0113] Moreover, in the example, although PM form (permanent magnet form-ermanent Magnet type) synchronous motor was used as the clutch motor 30 and an assistant motor 40, if regeneration actuation and a powering movement are made to perform, VR form (adjustable reluctance form; Variable Reluctance type) synchronous motor, a vernier motor, a direct current motor, an induction motor, a superconducting motor, a step motor, etc. can also be used.

[0114] Furthermore, in the example, although the rotation transformer 38 was used as a means of communication of the power to the clutch motor 30, slip ring-brush contact, slip ring-mercury contact, or semi-conductor coupling of magnetic energy can also be used.

[0115] Or in the example, although the transistor inverter was used as 1st and 2nd drive circuits 91 and 92, an IGBT (insulated-gate bipolar mode transistor; Insulated Gate Bipolar mode Transistor) inverter, a thyristor inverter, an electrical-potential-difference PWM (pulse-width-modulation-ulse Width Modulation) inverter, a square wave inverter (an electrical-potential-difference form inverter, current form inverter), a resonance inverter, etc. can also be used.

[0116] Moreover, as a dc-battery 94, although Pb dc-battery, a NiMH dc-battery, Li dc-battery, etc. can be used, it can replace with a dc-battery 94 and a capacitor can also be used.

[0117] By the way, although each above example explained the case where a transmission was carried in a car, this invention is not limited to this and, in addition to this, can also be carried [ means of transportation, such as a vessel and an aircraft, and ] in various industrial machines etc.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the outline configuration of the transmission 20 as the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view showing the structure of the clutch motor 30 which constitutes the transmission 20 of drawing 1 , and the assistant motor 40.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the outline configuration containing the engine 50 of the car incorporating the transmission 20 of drawing 1 .

[Drawing 4] It is a graph for explaining the principle of operation of a transmission 20.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows an example of the torque control processing performed by the control device 80.

[Drawing 6] It is the flow chart which illustrates a part for the first portion of fundamental processing of control of the clutch motor 30 performed by the control device 80.

[Drawing 7] It is the flow chart which illustrates the second half part of fundamental processing of control of the clutch motor 30 performed by the control device 80.

[Drawing 8] It is the explanatory view which illustrates the torque  $T_c$  of an engine 50, and pulsation of a rotational frequency  $N_e$ .

[Drawing 9] It is a graph explaining processing of feedback control.

[Drawing 10] It is the flow chart which illustrates a part for the first portion of fundamental processing of control of the assistant motor 40 performed by the control unit 80.

[Drawing 11] It is the flow chart which illustrates the second half part of fundamental processing of control of the assistant motor 40 performed by the control unit 80.

[Drawing 12] It is the flow chart which illustrates a part for the first portion of fundamental processing of control of the clutch motor 30 performed by the control device 80 of transmission 20B of the 2nd example.

[Drawing 13] It is the flow chart which illustrates a part for the first portion of fundamental processing of control of the assistant motor 40 performed by the control unit 80 of transmission 20B of the 2nd example.

[Drawing 14] It is the explanatory view showing an example of the torque  $T_d$  outputted to the engine speed  $N_e$ , the torque  $T_c$  of the clutch motor 30, the torque  $T_a$  of the assistant motor 40, and the driving shaft 22 of the engine 50 which is in a steady operation condition on the operation point of target torque  $T_e^*$  in the 2nd example, and target engine-speed  $N_e^*$ .

[Drawing 15] It is the flow chart which illustrates the second half part of fundamental processing of control of the assistant motor 40 performed by the control unit 80 of transmission 20C of the 3rd example.

[Drawing 16] It is the flow chart which illustrates the sinusoidal torque decision manipulation routine performed by the control device 80 of transmission 20C of the 3rd example.

[Drawing 17] It is the block diagram showing the configuration at the time of applying the transmission 20 of the 1st example to a four-wheel drive car.

[Drawing 18] It is the block diagram showing the modification of the transmission 20 of the 1st example.

### [Description of Notations]

20 -- Transmission  
22 -- Driving shaft  
23 -- Gear  
24 -- Differential gear  
26 28 -- Driving wheel  
27 29 -- Driving wheel  
30 40 -- Both motors  
30 -- Clutch motor  
32 -- Outer rotor  
34 -- Inner rotor  
35 -- Permanent magnet  
36 -- Three phase coil  
37A, 37B -- Bearing  
38 -- Rotation transformer  
38A -- Primary winding  
38B -- Secondary winding  
39 -- Resolver  
40 -- Assistant motor  
42 -- Rota  
43 -- Stator  
44 -- Three phase coil  
45 -- Case  
46 -- Permanent magnet  
48 -- Resolver  
49 -- Bearing  
50 -- Engine  
51 -- Fuel injection valve  
52 -- Combustion chamber  
54 -- Piston  
56 -- Crankshaft  
57 -- Wheel  
58 -- Ignitor  
59a -- Press fit pin  
59b -- Screw  
60 -- Distributor  
62 -- Ignition plug  
64 -- Accelerator pedal  
65 -- Accelerator pedal position sensor  
66 -- Throttle valve  
67 -- Throttle-valve position sensor  
68 -- Actuator  
70 -- EFIECU  
72 -- Inlet-pipe negative pressure sensor  
74 -- Coolant temperature sensor  
76 -- Rotational frequency sensor  
78 -- Angle-of-rotation sensor  
79 -- Starting switch  
80 -- Control unit  
82 -- Shift lever  
84 -- Shift position sensor  
90 -- Control CPU  
90 a--RAM  
90 b--ROM  
91 92 -- Drive circuit

91 92 -- Both drive circuit  
91 -- Drive circuit  
92 -- Drive circuit  
94 -- Dc-battery  
95 96 -- Current detector  
97 98 -- Current detector  
99 -- Remaining capacity detector

---

[Translation done.]

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-47092

(43) 公開日 平成9年(1997)2月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 P 15/00

H 0 2 K 7/11

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 P 15/00

H 0 2 K 7/11

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平7-251944

(22) 出願日 平成7年(1995)9月4日

(31) 優先権主張番号 特願平7-145575

(32) 優先日 平7(1995)5月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 山田 英治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 川端 康己

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 宮谷 孝夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

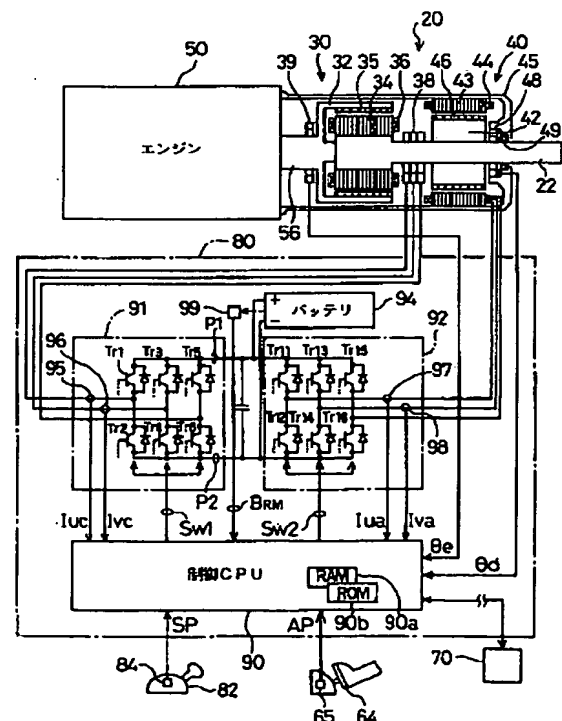
(74) 代理人 弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 動力伝達装置およびその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 脈動する出力により回転動力を得る原動機からの動力の脈動成分を、動力伝達装置により低減して出力軸に伝達する。

【解決手段】 エンジン50のクランクシャフト56に連結された動力伝達装置20には、クラッチモータ30とアシストモータ40とが設けられ、制御装置80により制御される。エンジン50が目標トルク及び目標回転数で安定して運転されるようエンジン50の回転数はクラッチモータ30のトルクによってフィードバック制御がなされる。この制御では、エンジン50が定常運転しているときにその脈動する出力に基づいて生じる回転数のバラツキ(回転むら、トルク脈動)の範囲、即ちエンジン50の回転数が目標回転数から閾値Nref2以内の範囲は、不感帯として制御は行なわれない。この不感帯を設けることにより、エンジン50の回転むら(トルク脈動)は駆動軸22に伝達されない。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、  
前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする電動機と、  
前記電動機における前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する電動機制御手段とを備えた動力伝達装置であって、  
前記原動機の出力軸の状態を検出する出力軸状態検出手段を備え、  
前記電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態を、目標状態を含む所定範囲内となるよう前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する手段である動力伝達装置。

【請求項2】 前記電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態が前記所定範囲を含む第2の所定範囲内にあるとき、該原動機の出力軸の状態を前記所定範囲内となるよう制御する手段である請求項1記載の動力伝達装置。

【請求項3】 前記所定範囲は、前記原動機の出力軸の状態が目標状態となるよう該原動機が運転された際、該原動機の脈動する出力によって前記出力軸の状態が変動し得る範囲または該変動し得る範囲より若干広い範囲である請求項1または2記載の動力伝達装置。

【請求項4】 出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、  
前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第1の電動機と、  
前記第1の電動機における前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する第1電動機制御手段と、  
前記第1の電動機の第2のロータに結合される第3のロータを有し、該第3のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第2の電動機と、  
該第2の電動機を駆動制御する第2電動機制御手段とを備える動力伝達装置であって、  
前記原動機の出力軸の状態を検出する出力軸状態検出手段を備え、  
前記第1電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態を目標状態となるよう前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する手段であり、  
前記第2電動機制御手段は、前記第2のロータに結合さ

れた回転軸に伝達されたトルクの脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2の電動機を駆動制御する手段である動力伝達装置。

【請求項5】 請求項4記載の動力伝達装置であって、前記第2電動機制御手段は、  
前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を検出する脈動成分検出手段と、  
該検出された脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2の電動機を駆動制御する脈動成分低減手段とを備える動力伝達装置。

【請求項6】 前記脈動成分検出手段は、前記第1電動機制御手段による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度に基づいて前記トルクの脈動成分を検出する手段である請求項5記載の動力伝達装置。

【請求項7】 前記脈動成分検出手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態に基づいて前記トルクの脈動成分を検出する手段である請求項5記載の動力伝達装置。

【請求項8】 前記脈動成分低減手段は、前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分と大きさが同じで位相が半周期異なる脈動成分を有するトルクを、前記第3のロータに結合される回転軸に作用させるよう前記第2の電動機を駆動制御する手段である請求項5ないし7いずれか記載の動力伝達装置。

【請求項9】 請求項4記載の動力伝達装置であって、前記第2電動機制御手段は、  
前記第3のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を検出する脈動成分検出手段と、  
該検出されたトルクの脈動成分の周波数を演算する周波数演算手段と、  
該演算された周波数で振幅と位相とが順次調整される正弦波トルクを、前記第3のロータに結合された回転軸に順次付加する正弦波トルク付加手段と、  
該順次付加される正弦波トルクから、前記脈動成分検出手段により検出される前記トルクの脈動成分を低減する振幅と位相の正弦波トルクを決定する正弦波トルク決定手段とを備え、該決定された正弦波トルクを前記第2の電動機により前記第3のロータに結合された回転軸に付加するよう該第2の電動機を駆動制御する手段である動力伝達装置。

【請求項10】 前記脈動成分検出手段は、前記第3のロータに結合された回転軸の回転状態に基づいて伝達されるトルクの脈動成分を検出する手段である請求項9記載の動力伝達装置。

【請求項11】 前記第2電動機制御手段は、前記周波数演算手段に代えて、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態に基づいて前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動

成分の周波数を演算する周波数演算手段を備える請求項9記載の動力伝達装置。

【請求項12】 前記原動機の出力軸の状態は、該出力軸の回転状態である請求項1ないし11いずれか記載の動力伝達装置。

【請求項13】 前記原動機の出力軸の状態は、該原動機の該出力軸へのトルクの出力状態である請求項1ないし11いずれか記載の動力伝達装置。

【請求項14】 前記出力軸の状態は、前記原動機の出力軸の回転数と前記電動機の第2のロータの回転数との偏差である請求項1ないし11いずれか記載の動力伝達装置。

【請求項15】 出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、  
前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする電動機と、  
前記電動機における前記第1および第2のロータ間を電磁的に結合可能な電動機制御回路とを備えた動力伝達装置の制御方法であって、  
前記原動機の出力軸の状態を検出し、  
該検出された状態が、目標状態を含む所定範囲内となるよう前記電動機制御回路による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する動力伝達装置の制御方法。

【請求項16】 出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、  
前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第1の電動機と、  
前記第1の電動機における前記第1および第2のロータ間を電磁的に結合可能な第1電動機制御回路と、  
前記第1の電動機の第2のロータに結合される第3のロータを有し、該第3のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第2の電動機と、  
該第2の電動機を駆動する第2電動機駆動回路とを備える動力伝達装置の制御方法であって、  
前記原動機の出力軸の状態を検出し、  
該検出された状態が、目標状態となるよう前記第1電動機制御回路による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御すると共に、  
前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2電動機駆動回路による前記第2の電動機の駆動を制御する動力伝達装置の制御方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動力伝達装置およびその制御方法に関し、詳しくは原動機より得られる動力を効率的に伝達または利用する動力伝達装置およびその制御方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、原動機などの出力トルクを変換して動力を伝達するには、流体を利用したトルクコンバータが用いられていた。流体を用いたトルクコンバータでは、入力軸と出力軸は完全にはロックされず、両軸間で生じた滑りに応じたエネルギー損失が発生していた。このエネルギー損失は、正確には、両軸の回転数差とその時の伝達トルクとの積で表わされる。このエネルギー損失は、熱となって消費されてしまう。従って、こうした動力伝達装置を用いた車両では、発進時などの過渡時の損失は大きい。また定常走行時であっても動力伝達における効率は100パーセントにならず、例えば手動式のトランスミッションと較べて、その燃費は低くならざるを得ない。

【0003】こうした動力伝達装置のように流体を用いるのではなく、機械-電気-機械変換により動力を伝達しようとするものが提案されている（例えば特公昭51-22132号公報に示された「回転電気機械の配列」等）。この技術は、原動機の出力を電磁継手および回転電機からなる動力伝達手段に結合し、回転電機の極数 $P_1$ 、電磁継手の極数 $P_2$ により、 $1 + P_2 / P_1$ の減速比（トルク変換比）を実現するものである。この構成によれば、流体によるエネルギー損失が存在しないので、電磁継手と回転電機の効率を高めれば、動力伝達手段のエネルギー損失を比較的小さくすることが可能と考えられる。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の動力伝達装置では、トルク変換比が固定であり、車両などのように変換比を広く変化させる必要のあるものには用いることができなかった。また、車両や原動機の運転状態に応じて、所望の変換比を実現することも困難であった。もとより、流体を用いたものでは、軸間の滑りに応じたエネルギー損失を免れ得ないことは、上述した通りである。

【0005】一方、脈動する出力により出力軸（動力伝達装置への入力軸）を回転させる原動機、例えば吸気、圧縮、燃焼、排気等のサイクルにより機械エネルギーを取り出すエンジン等では、動力伝達装置の出力軸に脈動する動力が伝達される場合がある。こうした原動機と動力伝達装置が移動車両に搭載されると、出力軸に伝達される動力の脈動が車両や車両に搭載される機器を振動させる。

【0006】こうした問題に対し、従来、脈動する出力

により出力軸を回転させる原動機におけるトルク脈動を抑制する装置として、エンジンの出力軸であるクランク軸に設けられたフライホイールをロータとする電動機を備え、クランク軸に伝達されるトルク脈動に対して逆位相のトルクを電動機からフライホイールを介してクランク軸に作用させることによりトルク脈動を低減するもの（例えば、特開昭61-155635号公報等）も提案されているが、この装置では、トルク脈動の発生源である原動機（クランク軸）に直接取り付けられたフライホイールでトルク脈動を低減しようとするから、脈動成分の減衰（平滑化）が小さく、脈動成分を打ち消すのに必要なトルクも大きなものとなる。

【0007】また、動力の脈動は、原動機の運転制御や動力伝達装置の制御を行なう際の制御対象の挙動に反映されるから、制御をきめ細かく行なうと、動力の脈動に基づく挙動を検出し、この挙動に基づいて制御してしまうという問題もあった。

【0008】本発明の動力伝達装置及びその制御方法は、こうした問題を解決し、原動機より得られた動力を高効率に伝達または利用して、原動機の出力軸の回転方向と同じ方向のトルクを出力すると共に、脈動する出力により回転動力を得る原動機からの動力の脈動成分を動力伝達装置により低減して出力軸に伝達することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の第1の動力伝達装置は、出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする電動機と、前記電動機における前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する電動機制御手段とを備えた動力伝達装置であって、前記原動機の出力軸の状態を検出する出力軸状態検出手段を備え、前記電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態を、目標状態を含む所定範囲内となるよう前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する手段であることを要旨とする。

【0010】この第1の動力伝達装置は、電動機が、原動機の出力軸に結合される第1のロータと、この第1のロータと電磁的に結合し第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとの間の電磁的な結合の程度を電動機制御手段によって制御されることにより、脈動する出力により出力軸を回転させる原動機の動力を第2のロータに結合される回転軸に伝達する。こうした動力の伝達において、電動機制御手段は、出力軸状態検出手段により検出される原動機の出力軸の状態を、目標状態を含む所定範囲内となるよう電動機の第1のロータと第2

のロータと間の電磁的な結合の程度を制御する。

【0011】こうした制御により、原動機が脈動する出力により出力軸を回転させることによるトルクの脈動成分を低減することができ、その程度によってはトルク脈動の全くない動力として伝達することができる。

【0012】この第1の動力伝達装置において、前記電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態が前記所定範囲を含む第2の所定範囲内にあるとき、該原動機の出力軸の状態が前記所定範囲内となるよう制御する手段である構成とすることもできる。こうすれば、原動機の出力軸の状態がほぼ定常状態に至ったときに、出力軸の状態を目標状態を含む所定範囲内とするから、原動機の出力軸の状態が大きく変化している過渡期には所定範囲内への制御をすることはない。この結果、スムーズに原動機の出力軸の状態を変化させることができる。

【0013】これらの第1の動力伝達装置において、前記所定範囲は、前記原動機の出力軸の状態が目標状態となるよう該原動機が運転された際、該原動機の脈動する出力によって前記出力軸の状態が変動し得る範囲または該変動し得る範囲より若干広い範囲であるものとすることもできる。こうすれば、原動機の脈動する出力に基づく出力軸の状態の変動をトルク変動として伝達することがなく、より高い精度で電動機を制御することができる。

【0014】本発明の第2の動力伝達装置は、出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第1の電動機と、前記第1の電動機における前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する第1電動機制御手段と、前記第1の電動機の第2のロータに結合される第3のロータを有し、該第3のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第2の電動機と、該第2の電動機を駆動制御する第2電動機制御手段とを備える動力伝達装置であって、前記原動機の出力軸の状態を検出する出力軸状態検出手段を備え、前記第1電動機制御手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態を目標状態となるよう前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御する手段であり、前記第2電動機制御手段は、前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されたトルクの脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2の電動機を駆動制御する手段であることを要旨とする。

【0015】この第2の動力伝達装置は、第1の電動機が、原動機の出力軸に結合される第1のロータと、この第1のロータと電磁的に結合し第1のロータに対して相



対的に回転可能な第2のロータとの間の電磁的な結合の程度を第1電動機制御手段によって制御されることにより、脈動する出力により出力軸を回転させる原動機の動力を第2のロータに結合される回転軸に伝達する。第2の電動機は、第2電動機制御手段により駆動制御されることにより、第1の電動機の第2のロータに結合される第3のロータを介して第3のロータに結合された回転軸に第1の電動機により伝達された動力を加減する。

【0016】こうした動力の伝達の際に、第1電動機制御手段は、出力軸状態検出手段により検出される原動機の出力軸の状態を目標状態となるよう第1の電動機の第1のロータと第2のロータと間の電磁的な結合の程度を制御する。そして、第2電動機制御手段は、第2のロータに結合された回転軸に伝達されたトルクの脈動成分が、第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう第2の電動機を駆動制御する。

【0017】この第2の動力伝達装置によれば、第3のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を低減することができ、制御の程度によってはトルク脈動の全くない動力を伝達することができる。

【0018】この第2の動力伝達装置において、前記第2電動機制御手段は、前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を検出する脈動成分検出手段と、該検出された脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2の電動機を駆動制御する脈動成分低減手段とを備えるものとすることもできる。

【0019】こうした脈動成分検出手段と脈動成分低減手段とを備えた第2の動力伝達装置は、脈動成分検出手段が、第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を検出し、脈動成分低減手段が、この検出されたトルクの脈動成分が、第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう第2の電動機を駆動制御する。

【0020】この脈動成分検出手段と脈動成分低減手段とを備えた第2の動力伝達装置において、前記脈動成分検出手段は、前記第1電動機制御手段による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度に基づいて前記トルクの脈動成分を検出する手段であるものとすることもできる。こうすれば、第2の電動機の駆動制御を第1の電動機の駆動制御にリンクすることができる。

【0021】また、この脈動成分検出手段と脈動成分低減手段とを備えた第2の動力伝達装置において、前記脈動成分検出手段は、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態に基づいて前記トルクの脈動成分を検出する手段であるものとすることもできる。こうすれば、第2の電動機の駆動制御を原動機の出力軸の状態にリンクすることができる。

【0022】これらの脈動成分検出手段と脈動成分低減手段とを備えた第2の動力伝達装置において、前記脈動

成分低減手段は、前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分と大きさが同じで位相が半周期異なる脈動成分を有するトルクを、前記第3のロータに結合される回転軸に作用させるよう前記第2の電動機を駆動制御する手段であるものとすることもできる。こうすれば、トルク脈動のない動力として第3のロータに結合された回転軸に伝達することができる。

【0023】また、第2の動力伝達装置において、前記第2電動機制御手段は、前記第3のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分を検出する脈動成分検出手段と、該検出されたトルクの脈動成分の周波数を演算する周波数演算手段と、該演算された周波数で振幅と位相とが順次調整される正弦波トルクを、前記第3のロータに結合された回転軸に順次付加する正弦波トルク付加手段と、該順次付加される正弦波トルクから、前記脈動成分検出手段により検出される前記トルクの脈動成分を低減する振幅と位相の正弦波トルクを決定する正弦波トルク決定手段とを備え、該決定された正弦波トルクを前記第2の電動機により前記第3のロータに結合された回転軸に付加するよう該第2の電動機を駆動制御する手段であるものとすることもできる。

【0024】この構成では、周波数演算手段が、脈動成分検出手段により検出された第3のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分の周波数を演算し、正弦波トルク付加手段が、この演算された周波数で振幅と位相とが順次調整される正弦波トルクを、第3のロータに結合された回転軸に順次付加する。正弦波トルク決定手段は、この順次付加される正弦波トルクから、脈動成分検出手段により検出されるトルクの脈動成分を低減する振幅と位相の正弦波トルクを決定する。そして、こうして決定された正弦波トルクを第2の電動機により第3のロータに結合された回転軸に付加するよう第2の電動機を駆動制御する。

【0025】こうした正弦波トルクを付加する第2の動力伝達装置によれば、第3のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分が経時的に変化しても、この脈動成分をより確実に低減することができる。

【0026】この正弦波トルクを付加する第2の動力伝達装置において、前記脈動成分検出手段は、前記第3のロータに結合された回転軸の回転状態に基づいて伝達されるトルクの脈動成分を検出する手段であるものとすることもできる。こうすれば、第3のロータに結合された回転軸の回転状態に基づいて伝達されるトルクの脈動成分を検出することができる。

【0027】また、正弦波トルクを付加する第2の動力伝達装置において、前記第2電動機制御手段は、前記周波数演算手段に代えて、前記出力軸状態検出手段により検出される前記原動機の出力軸の状態に基づいて前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分の周波数を演算する周波数演算手段を備えるもの

とすることもできる。こうすれば、原動機の出力軸の状態に基づいて伝達されるトルクの脈動成分の周波数を演算することができる。

【0028】こうした第1または第2の動力伝達装置のいずれかにおいて、前記原動機の出力軸の状態は、該出力軸の回転状態、または該原動機の該出力軸へのトルクの出力状態、あるいは前記原動機の出力軸の回転数と前記電動機の第2のロータの回転数との偏差であるものとすることもできる。

【0029】本発明の第1の動力伝達装置の制御方法は、出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする電動機と、前記電動機における前記第1および第2のロータ間を電磁的に結合可能な電動機制御回路とを備えた動力伝達装置の制御方法であって、前記原動機の出力軸の状態を検出し、該検出された状態が、目標状態を含む所定範囲内となるよう前記電動機制御回路による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御することを要旨とする。

【0030】このように動力伝達装置を制御することにより、原動機が脈動する出力により出力軸を回転させることによるトルクの脈動成分を低減することができ、その程度によってはトルク脈動の全くない動力として伝達することができる。

【0031】本発明の第2の動力伝達装置の制御方法は、出力軸を有し、脈動する出力により該出力軸を回転させる原動機と、前記原動機の出力軸に結合される第1のロータと、該第1のロータと電磁的に結合し該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該第2のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第1の電動機と、前記第1の電動機における前記第1および第2のロータ間を電磁的に結合可能な第1電動機制御回路と、前記第1の電動機の第2のロータに結合される第3のロータを有し、該第3のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第2の電動機と、該第2の電動機を駆動する第2電動機駆動回路とを備える動力伝達装置の制御方法であって、前記原動機の出力軸の状態を検出し、該検出された状態が、目標状態となるよう前記第1電動機制御回路による前記第1および第2のロータ間の電磁的な結合の程度を制御すると共に、前記第2のロータに結合された回転軸に伝達されるトルクの脈動成分が、前記第3のロータに結合された回転軸に低減して伝達されるよう前記第2電動機駆動回路による前記第2の電動機の駆動を制御することを要旨とする。

【0032】このように動力伝達装置を制御することにより、第3のロータに結合された回転軸に伝達されるト

ルクの脈動成分を低減することができ、制御の程度によってはトルク脈動の全くない動力として伝達することができる。

【0033】

【発明の他の態様】本発明は、以下のような他の態様をとることも可能である。

【0034】第1の態様は、前記第1の発明のいずれかにおいて、前記電動機の第2のロータに結合される第3のロータを有し、該第3のロータに結合される回転軸をトルクの出力軸とする第2の電動機と、該第2の電動機を駆動制御する第2電動機制御手段とを備え、前記電動機制御手段は、前記電動機より前記第1のロータと第2のロータとの間に生じる滑り回転に応じた電力を回生可能な手段であり、前記第2電動機制御手段は、前記電動機制御手段により回生された電力を用いて前記第2の電動機を駆動可能な手段であるものとすることもできる。

【0035】また、第2の態様は、前記第2の発明のいずれかにおいて、前記電動機制御手段は、前記電動機より前記第1のロータと第2のロータとの間に生じる滑り回転に応じた電力を回生可能な手段であり、前記第2電動機制御手段は、前記電動機制御手段により回生された電力を用いて前記第2の電動機を駆動可能な手段であるものとすることもできる。

【0036】このように第1の態様や第2の態様とすれば、原動機が発生するエネルギーをより効率よく伝達することができる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。図1は本発明の第1の実施例としての動力伝達装置20の概略構成を示す構成図、図2は図1の動力伝達装置20を構成するクラッチモータ30及びアシストモータ40の構造を示す断面図、図3は図1の動力伝達装置20を組み込んだ車両のエンジン50を含む概略構成を示す構成図である。説明の都合上、まず図3を用いて、車両全体の構成から説明する。

【0038】図3に示すように、この車両には、動力源であるエンジン50としてガソリンにより運転されるガソリンエンジンが備えられている。このエンジン50は、吸気系からスロットルバルブ66を介して吸入した空気と燃料噴射弁51から噴射されたガソリンとの混合気を燃焼室52に吸入し、この混合気の爆発により押し下げられるピストン54の運動をクランクシャフト56の回転運動に変換する。ここで、スロットルバルブ66はアクチュエータ68により開閉駆動される。点火プラグ62は、イグナイタ58からディストリビュータ60を介して導かれた高電圧によって電気火花を形成し、混合気はその電気火花によって点火されて爆発燃焼する。

【0039】このエンジン50の運転は、電子制御ユニット（以下、E F I E C Uと呼ぶ）70により制御されている。E F I E C U 70には、エンジン50の運転状

態を示す種々のセンサが接続されている。例えば、スロットバルブ66の開度（ポジション）を検出するスロットバルブポジションセンサ67、原動機の50の負荷を検出する吸気管負圧センサ72、エンジン50の水温を検出する水温センサ74、ディストリビュータ60に設けられクランクシャフト56の回転数と回転角度を検出する回転数センサ76及び回転角度センサ78などである。なお、E F I E C U 70には、この他、例えばイグニッションキーの状態S Tを検出するスタータスイッチ79なども接続されているが、その他のセンサ、スイッチなどの図示は省略した。

【0040】エンジン50のクランクシャフト56には、本実施例の動力伝達装置20が結合されている。動力伝達装置20の駆動軸22は、ディファレンシャルギヤ24に結合されており、動力伝達装置20からのトルクは最終的に左右の駆動輪26、28に伝達される。この動力伝達装置20は、制御装置80により、制御されている。制御装置80の構成は後で詳述するが、内部には制御C P Uが備えられており、シフトレバー82に設けられたシフトポジションセンサ84やアクセルペダル64に設けられたアクセルペダルポジションセンサ65なども接続されている。また、制御装置80は、上述したE F I E C U 70と通信により、種々の情報をやり取りしている。これらの情報のやり取りを含む制御については、後述する。

【0041】動力伝達装置20の構成について説明する。図1に示すように、エンジン50のクランクシャフト56の一端に取り付けられた動力伝達装置20は、大きくは、クランクシャフト56にアウトロータ32が機械的に結合されたクラッチモータ30、このクラッチモータ30のインナロータ34に機械的に結合されたロータ42を有するアシストモータ40、及びクラッチモータ30とアシストモータ40を駆動・制御する制御装置80から構成されている。

【0042】各モータの概略構成について、図1により説明する。クラッチモータ30は、図1に示すように、アウトロータ32の内周面に永久磁石35を備え、インナロータ34に形成されたスロットに三相のコイル36を巻回する同期電動機として構成されている。この三相コイル36への電力は、回転トランス38を介して供給される。インナロータ34において三相コイル36用のスロット及びティースを形成する部分は、無方向性電磁鋼板の薄板を積層することで構成されている。なお、クランクシャフト56には、その回転角度 $\theta_e$ を検出するレゾルバ39が設けられているが、このレゾルバ39は、ディストリビュータ60に設けられた回転角度センサ78と兼用することも可能である。

【0043】他方、アシストモータ40も同期電動機として構成されているが、回転磁界を形成する三相コイル44は、ケース45に固定されたステータ43に巻回さ

れている。このステータ43も、無方向性電磁鋼板の薄板を積層することで形成されている。ロータ42の外周面には、複数個の永久磁石46が設けられている。アシストモータ40では、この永久磁石46により磁界と三相コイル44が形成する磁界との相互作用により、ロータ42が回転する。ロータ42が機械的に結合された軸は、動力伝達装置20のトルクの出力軸である駆動軸22であり、駆動軸22には、その回転角度 $\theta_d$ を検出するレゾルバ48が設けられている。また、駆動軸22は、ケース45に設けられたベアリング49により軸支されている。

【0044】係るクラッチモータ30とアシストモータ40とは、クラッチモータ30のインナロータ34がアシストモータ40のロータ42、延いては駆動軸22に機械的に結合されている。従って、エンジン50と両モータ30、40の関係を簡略を言えば、エンジン50のクランクシャフト56の回転及び軸トルクが、クラッチモータ30のアウトロータ32からインナロータ34に伝達されたとき、アシストモータ40による回転とトルクがこれに加減算されるということになる。

【0045】アシストモータ40は、通常永久磁石型三相同期モータとして構成されているが、クラッチモータ30は、永久磁石35を有するアウトロータ32も三相コイル36を備えたインナロータ34も、共に回転するよう構成されている。そこで、クラッチモータ30の構成の詳細について、図2を用いて補足する。クラッチモータ30のアウトロータ32は、クランクシャフト56に嵌合されたホイール57の外周端に圧入ピン59a及びネジ59bにより取り付けられている。ホイール57の中心部は、軸形状に突設されており、ここにベアリング37A、37Bを用いてインナロータ34が回転自在に取り付けられている。また、インナロータ34には、駆動軸22の一端が固定されている。

【0046】アウトロータ32に永久磁石35が設けられていることは既に説明した。この永久磁石35は、実施例では4個設けられており、アウトロータ32の内周面に貼付されている。その磁化方向はクラッチモータ30の軸中心に向かう方向であり、一つおき磁極の方向は逆向きになっている。この永久磁石35と僅かなギャップにより対向するインナロータ34の三相コイル36は、インナロータ34に設けられた計24個のスロット（図示せず）に巻回されており、各コイルに通電すると、スロットを隔てるティースを通る磁束を形成する。各コイルに三相交流を流すと、この磁界は回転する。三相コイル36の各々は、回転トランス38から電力の供給を受けるよう接続されている。この回転トランス38は、ケース45に固定された一次巻線38Aとインナロータ34に結合された駆動軸22に取り付けられた二次巻線38Bとからなり、電磁誘導により、一次巻線38Aと二次巻線38Bとの間で、双方向に電力をやり取り

することができる。なお、三相（U、V、W相）の電流をやり取りするために、回転トランス38には三相分の巻線が用意されている。

【0047】隣接する一組の永久磁石35が形成する磁界と、インナロータ34に設けられた三相コイル36が形成する回転磁界との相互作用により、アウトロータ32とインナロータ34とは種々の振る舞いを示す。通常は、三相コイル36に流す三相交流の周波数は、クランクシャフト56に直結されたアウトロータ32の回転数（1秒間の回転数）とインナロータ34の回転数との偏差の周波数としている。この結果、両者の回転には滑りを生じることになる。クラッチモータ30及びアシストモータ40の制御の詳細については、後でフローチャートを用いて詳しく説明する。

【0048】次に、クラッチモータ30及びアシストモータ40を駆動・制御する制御装置80について説明する。制御装置80は、クラッチモータ30を駆動する第1の駆動回路91、アシストモータ40を駆動する第2の駆動回路92、両駆動回路91、92を制御する制御CPU90、二次電池であるバッテリー94から構成されている。制御CPU90は、1チップマイクロプロセッサであり、内部に、ワーク用のRAM90a、処理プログラムを記憶したROM90b、入出力ポート（図示せず）及びEFIECU70と通信を行なうシリアル通信ポート（図示せず）を備える。この制御CPU90には、レゾルバ39からのエンジン50の回転角度 $\theta_e$ 、レゾルバ48からの駆動軸22の回転角度 $\theta_d$ 、アクセルペダルポジションセンサ65からのアクセルペダルポジション（アクセルペダルの踏込量）AP、シフトポジションセンサ84からのシフトポジションSP、第1の駆動回路91に設けられた2つの電流検出器95、96からのクラッチ電流値 $I_{uc}$ 、 $I_{vc}$ 、第2の駆動回路に設けられた2つの電流検出器97、98からのアシスト電流値 $I_{ua}$ 、 $I_{va}$ 、バッテリー94の残容量を検出する残容量検出器99からの残容量BRMなどが、入力ポートを介して入力されている。なお、残容量検出器99は、バッテリー94の電解液の比重またはバッテリー94の全体の重量を測定して残容量を検出するものや、充電・放電の電流値と時間を演算して残容量を検出するものや、バッテリーの端子間を瞬間的にショートさせて電流を流し内部抵抗を測ることにより残容量を検出するものなどが知られている。

【0049】また、制御CPU90からは、第1の駆動回路91に設けられたスイッチング素子である6個のトランジスタTr1乃至Tr6を駆動する制御信号SW1と、第2の駆動回路92に設けられたスイッチング素子としての6個のトランジスタTr11乃至Tr16を駆動する制御信号SW2とが出力されている。第1の駆動回路91内の6個のトランジスタTr1乃至Tr6は、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、一

対の電源ラインP1、P2に対してソース側とシンク側となるよう2個ずつペアで配置され、その接続点に、クラッチモータ30の三相コイル（UVW）36の各々が、回転トランス38を介して接続されている。電源ラインP1、P2は、バッテリー94のプラス側とマイナス側に、それぞれ接続されているから、制御CPU90により対をなすトランジスタTr1乃至Tr6のオン時間の割合を制御信号SW1により順次制御し、各コイル36に流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル36により、回転磁界が形成される。

【0050】他方、第2の駆動回路92の6個のトランジスタTr11乃至Tr16も、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、第1の駆動回路91と同様に配置されていて、対をなすトランジスタの接続点は、アシストモータ40の三相コイル44の各々に接続されている。従って、制御CPU90により対をなすトランジスタTr11乃至Tr16のオン時間を制御信号SW2により順次制御し、各コイル44に流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル44により、回転磁界が形成される。

【0051】以上構成を説明した動力伝達装置20の動作について説明する。動力伝達装置20の動作原理、特にトルク変換の原理は以下の通りである。エンジン50がEFIECU70により運転され、所定の回転数N1で回転しているとする。このとき、制御装置80が回転トランス38を介してクラッチモータ30の三相コイル36に何等電流を流していないとすれば、即ち第1の駆動回路91のトランジスタTr1乃至Tr6が常時オフ状態であれば、三相コイル36には何等の電流も流れないから、クラッチモータ30のアウトロータ32とインナロータ34とは電磁的に全く結合されていない状態となり、エンジン50のクランクシャフト56は空回りしている状態となる。この状態では、トランジスタTr1乃至Tr6がオフとなっているから、三相コイル36からの回生も行なわれない。即ち、エンジン50はアイドル回転をしていることになる。

【0052】制御装置80の制御CPU90が制御信号SW1を出力してトランジスタをオンオフ制御すると、エンジン50のクランクシャフト56の回転数と駆動軸22の回転数との偏差（言い換えれば、クラッチモータ30におけるアウトロータ32とインナロータ34の回転数差）に応じて、クラッチモータ30の三相コイル36に一定の電流が流れる。即ち、クラッチモータ30は発電機として機能し、電流が第1の駆動回路91を介して回生され、バッテリー94が充電される。この時、アウトロータ32とインナロータ34とは一定の滑りが存在する結合状態となる。即ち、エンジン50のクランクシャフト56の回転数よりは低い回転数でインナロータ34は回転する。この状態で、回生された電気エネルギーと

等しいエネルギーがアシストモータ40で消費されるように、制御CPU90が第2の駆動回路92を制御すると、アシストモータ40の三相コイル44に電流が流れ、アシストモータ40においてトルクが発生する。図4に照らせば、クランクシャフト56が回転数 $N1$ 、トルク $T1$ で運転しているとき、領域G1のエネルギーをクラッチモータ30から回生し、これをアシストモータ40に付与することで、駆動軸22を回転数 $N2$ 、トルク $T2$ で回転するということになる。こうして、クラッチモータ30における滑り（回転数差）に応じたエネルギーがトルクとして駆動軸22に付与され、トルクの変換が行なわれることになる。

【0053】以下、制御装置80における制御について詳しく説明する。図5は制御CPU90におけるトルク制御の処理の概要を示すフローチャートである。図示するように、この処理ルーチンが起動されると、まず駆動軸22の回転数 $Nd$ を読み込む処理を行なう（ステップS100）。駆動軸22の回転数は、レゾルバ48から読み込んだ駆動軸22の回転角度 $\theta d$ から求めることができる。次に、アクセルペダルポジションセンサ65からのアクセルペダルポジションAPを読み込む処理を行なう（ステップS101）。アクセルペダル64は運転者が出力トルクが足りないと感じたときに踏み込まれるものであり、従って、アクセルペダルポジションAPの値は運転者の欲している出力トルク（すなわち、駆動軸22のトルク）に対応するものである。続いて、読み込まれたアクセルペダルポジションAPに応じた出力トルク（駆動軸22のトルク）目標値（以下、トルク指令値とも言う） $Td^*$ を導出する処理を行なう（ステップS102）。すなわち、各アクセルペダルポジションAPに対しては、それぞれ、予め出力トルク指令値 $Td^*$ が設定されており、アクセルペダルポジションAPが読み込まれると、そのアクセルペダルポジションAPに対応して設定された出力トルク指令値 $Td^*$ の値が導き出される。

【0054】次に、導き出された出力トルク（駆動軸22のトルク）指令 $Td^*$ と読み込まれた駆動軸22の回転数 $Nd$ とから、駆動軸22より出力すべきエネルギー $Pd$ を計算（ $Pd = Td^* \times Nd$ ）により求める処理を行なう（ステップS103）。そして、この求めた出力エネルギー $Pd$ に基づいて、エンジン50の目標トルク $Te^*$ とエンジンの目標回転数 $Ne^*$ を設定する処理を行なう（ステップS104）。ここで、駆動軸22より出力すべきエネルギー $Pd$ を全てエンジン50によって供給するものとする、エンジン50の供給するエネルギーはエンジントルク $Te$ とエンジン50の回転数 $Ne$ との積に等しいため、出力エネルギー $Pd$ とエンジン50の目標トルク $Te^*$ および目標回転数 $Ne^*$ との関係は $Pd = Te^* \times Ne^*$ となる。しかし、かかる関係を満足するエンジン50の目標トルク $Te^*$ 、目標回転数 $Ne^*$ の組

合せは無数に存在する。そこで、本実施例では、エンジン50ができる限り効率の高い状態で動作するように、エンジン50の目標トルク $Te^*$ 、目標回転数 $Ne^*$ の組合せを設定する。

【0055】次に、設定された目標トルク $Te^*$ に基づいて、クラッチモータ30のトルク指令値 $Tc^*$ を設定する処理を行なう（ステップS106）。エンジン50の回転数 $Ne$ をほぼ一定となるようにするには、クラッチモータ30のトルクをエンジン50のトルクと等しくして釣り合わせるようにすれば良い。そこで、ここではクラッチモータ30のトルク指令値 $Tc^*$ をエンジン50の目標トルク $Te^*$ と等しくなるように設定する。

【0056】こうして、クラッチモータトルク指令値 $Tc^*$ を設定した後（ステップS106）、クラッチモータ30の制御（ステップS108）とアシストモータ40の制御（ステップS110）とエンジン50の制御（ステップS111）を行なう。なお、図示の都合上、クラッチモータ30の制御とアシストモータ40の制御とエンジン50の制御は別々のステップとして記載したが、実際には、これらの制御は総合的に行なわれる。例えば、制御CPU90が割り込み処理を利用して、クラッチモータ30とアシストモータ40の制御を同時に実行すると共に、通信によりEFI ECU70に指示を送信して、EFI ECU70によりエンジン50の制御も同時に行なわせる。

【0057】クラッチモータ30の制御（図5のステップS108）は、図6および図7に例示するクラッチモータ制御処理によりなされる。この処理が実行されると、制御CPU90は、エンジン50の目標トルク $Te^*$ または目標回転数 $Ne^*$ が前回から変更されていないかを判定する（ステップS120）。エンジン50の目標トルク $Te^*$ または目標回転数 $Ne^*$ の変更は、運転者のアクセルペダル64の踏込量（アクセルペダルポジションAP）の変更に基づいて変更されたり、他の理由によりエンジン50の運転ポイントが変更されたことを意味する。今、こうしたエンジン50の運転ポイントが変更されたときであるとすると、ステップS120では、エンジン50の目標トルク $Te^*$ または目標回転数 $Ne^*$ が変更されたと判定し、図7のステップS134に進む。

【0058】ステップS134では、駆動軸22の回転角度 $\theta d$ をレゾルバ48から読み込む処理が行なわれる。次に、レゾルバ39からエンジン50のクランクシャフト56の回転角度 $\theta e$ を入力し（ステップS136）、両軸の相対角度 $\theta c$ を求める処理を行なう（ステップS138）。即ち、 $\theta c = \theta e - \theta d$ を演算するのである。

【0059】次に、電流検出器95、96により、クラッチモータ30の三相コイル36のU相とV相に流れている電流 $Iuc$ 、 $Ivc$ を検出する処理を行なう（ステ

ップS140)。電流はU、V、Wの三相に流れているが、その総和はゼロなので、二つの相に流れる電流を測定すれば足りる。こうして得られた三相の電流を用いて座標変換（三相→二相変換）を行なう（ステップS148）。座標変換は、永久磁石型の同期電動機のd軸、q

$$\begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_c - 120^\circ) \\ -\cos(\theta_c - 120^\circ) \end{bmatrix}$$

【0061】ここで座標変換を行なうのは、永久磁石型の同期電動機においては、d軸及びq軸の電流が、トルクを制御する上で本質的な量だからである。もとより、三相のまま制御することも可能である。次に、2軸の電流値に変換した後、クラッチモータ30におけるトルク指令値 $T_c^*$ から求められる各軸の電流指令値 $I_{dc}^*$ 、 $I_{qc}^*$ と実際各軸に流れた電流 $I_{dc}$ 、 $I_{qc}$ と偏差を求め、各軸の電圧指令値 $V_{dc}$ 、 $V_{qc}$ を求める処理を行なう（ステップS144）。即ち、まず以下の式（2）の演算を行ない、次に次式（3）の演算を行なうのである。

【0062】

【数2】

$$\Delta I_{dc} = I_{dc}^* - I_{dc}$$

$$\Delta I_{qc} = I_{qc}^* - I_{qc} \quad \dots (2)$$

【0063】

【数3】

$$V_{dc} = K_{p1} \cdot \Delta I_{dc} + \Sigma K_{i1} \cdot \Delta I_{dc}$$

$$V_{qc} = K_{p2} \cdot \Delta I_{qc} + \Sigma K_{i2} \cdot \Delta I_{qc} \quad \dots (3)$$

【0064】ここで、 $K_{p1}$ 、 $2$ 及び $K_{i1}$ 、 $2$ は、各々係数である。これらの係数は、適用するモータの特性に適合するよう調整される。

【0065】ここで、電圧指令値 $V_{dc}$ 、 $V_{qc}$ は、電流指令値 $I^*$ との偏差 $\Delta I$ に比例する部分（上式（3）右辺第1項）と偏差 $\Delta I$ の $i$ 回分の過去の累積分（右辺第2項）とから求められる。その後、こうして求めた電圧指令値をステップS142で行なった変換の逆変換に相当する座標変換（二相→三相変換）を行ない（ステップS146）、実際に三相コイル36に印加する電圧 $V_{uc}$ 、 $V_{vc}$ 、 $V_{wc}$ を求める処理を行なう。各電圧は、次式（4）により求める。

【0066】

【数4】

$$\begin{bmatrix} V_{uc} \\ V_{vc} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_c & -\sin \theta_c \\ \cos(\theta_c - 120^\circ) & -\sin(\theta_c - 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix}$$

$$V_{wc} = -V_{uc} - V_{vc} \quad \dots (4)$$

【0067】実際の電圧制御は、第1の駆動回路91のトランジスタ $T_{r1}$ 乃至 $T_{r6}$ のオンオフ時間によりなされるから、式（4）によって求めた各電圧指令値と

軸の電流値に変換することであり、次式（1）を演算することにより行なわれる。

【0060】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \sin \theta_c \\ \cos \theta_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{uc} \\ I_{vc} \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

よう各トランジスタ $T_{r1}$ 乃至 $T_{r6}$ のオン時間をPWM制御する（ステップS148）。

【0068】エンジン50の運転ポイントに変更なくクラッチモータ制御が実施されたときには、図6のステップS120で、エンジン50の目標トルク $T_e^*$ および目標回転数 $N_e^*$ のいずれにも変更がないと判定される。この場合、ステップS122に進んで、エンジン50の回転数 $N_e$ が読み込まれる（ステップS122）。エンジン50の回転数 $N_e$ は、レゾルバ39から読み込んだクランクシャフト56の回転角度 $\theta_e$ から求めることもできるし、ディストリビュータ60に設けられた回転数センサ76によっても直接検出することもできる。回転数センサ76を用いる場合には、回転数センサ76に接続されたEFI ECU70から通信により回転数 $N_e$ の情報を受け取ることになる。

【0069】次に、目標回転数 $N_e^*$ から読み込んだ回転数 $N_e$ を減じて偏差 $\Delta N_e$ を算出し（ステップS124）、偏差 $\Delta N_e$ の絶対値を閾値 $N_{ref1}$ および閾値 $N_{ref2}$ と比較する（ステップS126、S128）。ここで、閾値 $N_{ref1}$ は、エンジン50が運転ポイントで定常運転状態に至ったとみなせる領域を設定する閾値であり、この範囲内（回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_e^*$ から閾値 $N_{ref1}$ 以内の範囲）では、後述するように、エンジン50を安定して運転するために、エンジン50の回転数 $N_e$ についてクラッチモータ30の伝達トルク $T_c$ （エンジン50のトルク $T_e$ ）によるフィードバック制御がなされる。なお、エンジン50が定常運転ポイントで常運転状態に至ったとみなせる領域は、エンジン50の種類や特性および運転ポイント等により定まるから、閾値 $N_{ref1}$ もこれらを勘案して個別に設定される。

【0070】また、閾値 $N_{ref2}$ は、このフィードバック制御における目標回転数 $N_e^*$ からの不感帯の領域を設定する閾値であり、エンジン50が目標トルク $T_e^*$ および目標回転数 $N_e^*$ で運転されたときに、エンジン50の脈動する出力（吸気、圧縮、燃焼、排気等のサイクルによる出力）に基づく回転数 $N_e$ の脈動成分（回転むら或いは回転バラツキ）を包含するように設定される。図8にエンジン50のトルク $T_c$ と回転数 $N_e$ の脈動を例示する。実施例では、図示するように、閾値 $N_{ref2}$ を、回転数 $N_e$ の脈動成分が示す波形の振幅の半分より若干大きな値に設定している。こうした回転数 $N$

eの脈動成分は、エンジン50の種類や特性および運転ポイント等によって異なるから、閾値Nref2もこれらを勘案して個別に定められる。

【0071】ステップS126で、偏差 $\Delta Ne$ の絶対値が閾値Nref1より大きいときには、エンジン50が定常運転状態に至っていないと判断し、図7のステップS134に進む。ステップS126、S128で偏差 $\Delta Ne$ の絶対値が閾値Nref1以下で閾値Nref2より大きいときには、前回このクラッチモータ制御を行なったときのトルク指令値 $Tc^*$ から制御ゲイン $Kn$ に偏差 $\Delta Ne$ を乗じたものを減じて新たなトルク指令値 $Tc^*$ として設定し（ステップS130）、偏差 $\Delta Ne$ の絶対値が閾値Nref2以下のときには、前回のトルク指令値 $Tc^*$ をそのまま新たなトルク指令値 $Tc^*$ として設定し（ステップS132）、図7のステップS134に進む。

【0072】ここで、ステップS130で新たなトルク指令値 $Tc^*$ を式

$$Tc^* = \text{前回の} Tc^* - Kn \cdot \Delta Ne$$

で算出するのは、エンジン50からの出力エネルギー $Pd$ が一定の場合には、エンジン50のトルク $Te$ がクラッチモータ30のトルク $Tc$ に等しく、出力エネルギー $Pd$ がエンジン50の回転数 $Ne$ とトルク $Te$ との積により計算されることから、エンジン50の回転数 $Ne$ がクラッチモータ30のトルク $Tc$ に対して反比例するからである。また、このようにエンジン50の回転数 $Ne$ をフィードバック制御するのは、エンジン50を安定して運転するためである。

【0073】ステップS126ないしS132の処理をグラフに示せば図9のようになる。エンジン50の目標トルク $Te^*$ および目標回転数 $Ne^*$ が設定されると、クラッチモータ30のトルク $Tc$ が目標トルク $Te^*$ に設定されると共に、後述する図5のトルク制御のステップS111のエンジン制御（EFI ECU70によるスロットルバルブ66の開度制御や燃料噴射制御および点火制御等）により、エンジン50は目標トルク $Te^*$ および目標回転数 $Ne^*$ となるように制御される。エンジン50が定常運転状態の領域（回転数 $Ne$ が目標回転数 $Ne^*$ から閾値Nref1以内の領域）に至ると、出力エネルギー $Pd$ 一定の曲線（ $Pd = Tc \times Ne$ ）上で、エンジン50の回転数 $Ne$ はクラッチモータ30の伝達トルク $Tc$ （エンジン50のトルク $Te$ ）によってフィードバック制御がなされる。エンジン50の回転数 $Ne$ が不感帯の領域（回転数 $Ne$ が目標回転数 $Ne^*$ から閾値Nref2以内の領域）に入ると、即ち図9のグラフで中央のボックス内に入ると、フィードバック制御はなされず、その状態を保持する。したがって、回転数 $Ne$ の脈動成分（回転むらや回転バラツキ）に基づくフィードバック制御を行なうことはない。この結果、駆動軸22には、こうした動力の脈動成分が伝達されることはな

い。

【0074】次にアシストモータ40によるトルク制御（図5のステップS110）について図10および図11に例示するアシストモータ制御処理に基づき説明する。アシストモータ制御処理では、制御CPU90は、まず駆動軸22の回転数 $Nd$ を読み込む処理を行なう（ステップS150）。駆動軸22の回転数は、レゾルバ48から読み込んだ駆動軸22の回転角度 $\theta d$ から求めることができる。続いて、エンジン50の回転数 $Ne$ を読み込む処理を行なう（ステップS152）。

【0075】その後、読み込んだ駆動軸22の回転数 $Nd$ とエンジン50の回転数 $Ne$ とから、両軸の回転数差 $Nc$ を計算（ $Nc = Ne - Nd$ ）により求める処理を行なう（ステップS154）。次に、クラッチモータ30側で発電される電力を演算する処理を行なう（ステップS156）。即ち、回生される電力（エネルギー） $Pc$ を、

$$Pc = Ksc \times Nc \times Tc$$

として演算するのである。ここで、 $Tc$ はクラッチモータ30における実際のトルクであり、 $Nc$ は回転数差であるから、 $Nc \times Tc$ は、図4における領域G1に相当するエネルギーを求めることに相当する。 $Ksc$ はクラッチモータ30の発電（回生）の効率である。

【0076】続いてアシストモータ40により付与されるトルク指令値 $Ta^*$ を、

$$Ta^* = ksa \times Pc / Nd$$

として演算する（ステップS158）。尚、 $ksa$ は、アシストモータ40自身の効率である。求めたトルク指令値 $Ta^*$ がアシストモータ40によって付与し得る最大トルク $Tamax$ を越えているか否かの判断を行ない（ステップS160）、越えている場合には、最大値に制限する処理を行なう（ステップS162）。

【0077】次に、駆動軸22の回転角度 $\theta d$ をレゾルバ48を用いて検出し（ステップS164）、更にアシストモータ40の各相電流を電流検出器97、98を用いて検出する処理（ステップS166）を行なう。その後、図11に示すように、クラッチモータ30と同様座標変換（ステップS168）及び電圧指令値 $Vda$ 、 $Vqa$ の演算を行ない（ステップS170）、更に電圧指令値の逆座標変換（ステップS172）を行なって、アシストモータ40の第2の駆動回路92のトランジスタ $Tr11$ 乃至 $Tr16$ のオンオフ制御時間を求め、PWM制御を行なう（ステップS174）。これらの処理は、クラッチモータ30について行なったものと全く同一である。

【0078】次に、エンジン50の制御（ステップS111）について説明する。エンジン50は、図5のステップS104において設定される目標トルク $Te^*$ および目標回転数 $Ne^*$ で運転ポイントで定常運転状態となるようそのトルク $Te$ および回転数 $Ne$ の制御がなされ



る。実際には、制御CPU90から通信によりEFI ECU70に指示を送信し、燃料噴射量やスロットルバルブ開度を増減して、エンジン50のトルクが目標トルク $T_{e*}$ に、回転数が目標回転数 $N_{e*}$ になるように徐々に調整する。

【0079】以上の処理により、クラッチモータ30により所定の効率 $K_{sc}$ で電力に変換されたトルク、即ちエンジン50のクランクシャフト56の回転数とクラッチモータ30のインナロータ34の回転数の偏差に比例してクラッチモータ30で再生された電力により、アシストモータ40において駆動軸22にトルクとして付与することができる。アシストモータ40が駆動軸22に付与するトルクは、クラッチモータ30により電力に変換されたトルクに一致している。この結果、図4において、領域G1のエネルギーを領域G2に移して、トルク変換を行なうことができる。

【0080】しかも、エンジン50の回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref1}$ 以内の範囲に入ると、回転数 $N_e$ をクラッチモータ30のトルク $T_c$ によりフィードバック制御するから、エンジン50を目標トルク $T_{e*}$ および目標回転数 $N_{e*}$ の運転ポイントで安定して運転することができる。また、エンジン50の回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref2}$ 以内の範囲では、回転数 $N_e$ のクラッチモータ30のトルク $T_c$ によるフィードバック制御は行なわないから、エンジン50の脈動する出力に基づくクランクシャフト56の回転むら（トルク脈動）は駆動軸22に伝達されない。この結果、エンジン50の脈動する出力に基づく車両の振動を防止することができ、乗り心地をより向上させることができる。

【0081】もとより、クラッチモータ30やアシストモータ40あるいは第1の駆動回路91、第2の駆動回路92でも損失は幾らか存在するから、領域G1で示されたエネルギーと領域G2で示されたエネルギーが完全に一致することは現実には困難であるが、同期電動機自体は効率が1に極めて近いものが得られているので、両モータにおける損失は比較的小さい。また、トランジスタ $T_{r1}$ 乃至 $T_{r16}$ のオン抵抗も、GTOなど極めて小さいものが知られているから、第1の駆動回路91、第2の駆動回路92での損失も十分に小さなものとし得る。従って、両軸の回転数の偏差、即ち両軸間の回転の滑りの大部分は、三相コイル36において発電のエネルギーに変換され、アシストモータ40においてトルクとして駆動軸22に伝達される。

【0082】実施例では、エンジン50の回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref1}$ 以内の範囲に入ったら、回転数 $N_e$ をクラッチモータ30のトルク $T_c$ によりフィードバック制御したが、フィードバック制御を行なわない領域（目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref2}$ 以内の範囲）を定めるのみで、閾値 $N_{ref1}$ を設定し

ない構成としてもよい。

【0083】次に本発明の第2の実施例である動力伝達装置20Bについて説明する。第2実施例の動力伝達装置20Bは、第1実施例の動力伝達装置20と同一のハード構成をしている。したがって、第2実施例の動力伝達装置20Bのハード構成についての説明および動力伝達装置20Bの基本的な動作原理についての説明は省略する。なお、明示しない限り第1実施例の説明の際に用いた符号をそのまま同じ意味で用いる。

【0084】第2実施例の動力伝達装置20Bでも、第1実施例の動力伝達装置20の制御装置80が実行する図5のトルク制御を実行するが、ステップS108で実行する図6および図7のクラッチモータ制御に代えて図12および図7のクラッチモータ制御を、ステップS110で実行する図10および図11のアシストモータ制御に代えて図13および図11のアシストモータ制御を実行する。以下、この第2実施例の動力伝達装置20Bが実行するクラッチモータ制御およびアシストモータ制御について、第1実施例における制御と異なる点を中心に説明する。

【0085】クラッチモータ制御処理では、制御CPU90は、まず第1実施例のクラッチモータ制御（図6）のステップS120ないしS126と同一の処理のステップS220ないしS226を実行する。即ち、エンジン50の目標トルク $T_{e*}$ または目標回転数 $N_{e*}$ が前回から変更されていないかを判定し（ステップS220）、変更されていないときには、エンジン50の回転数 $N_e$ を読み込む（ステップS222）。そして、目標回転数 $N_{e*}$ から読み込んだ回転数 $N_e$ を減じて偏差 $\Delta N_e$ を算出し（ステップS224）、偏差 $\Delta N_e$ の絶対値を閾値 $N_{ref1}$ と比較する（ステップS226）。

【0086】偏差 $\Delta N_e$ の絶対値が閾値 $N_{ref1}$ 以下のとき、即ち回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref1}$ 以内の範囲に入っているときには、エンジン50が定常運転状態の領域にあると判断し、前回のトルク指令値 $T_{c*}$ から制御ゲイン $K_n$ に偏差 $\Delta N_e$ を乗じたものを減じて新たなトルク指令値 $T_{c*}$ として設定する（ステップS230）。そして、上述した図7のステップS134ないしS148の処理を行なう。

【0087】このように、第2実施例のクラッチモータ制御では、第1実施例のクラッチモータ制御での不感帯の領域（回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_{e*}$ から閾値 $N_{ref2}$ 以内の領域）が設定されていないから、エンジン50の脈動する出力に基づく回転数 $N_e$ の脈動成分によってもフィードバック制御がなされる。したがって、駆動軸22にトルクの脈動成分が伝達される。こうして駆動軸22に伝達されたトルクの脈動成分は、次に説明するアシストモータ制御によって低減される。

【0088】アシストモータ制御処理では、制御CPU90は、第1実施例のアシストモータ制御（図10）の



ステップS150ないしS158と同一の処理のステップS250ないしS258を実行する。即ち、駆動軸22の回転数Ndおよびエンジン50の回転数Neを読み込み（ステップS250、S252）、両軸の回転数差Ncを計算し（ステップS254）、クラッチモータ30側で発電される電力の演算（ステップS256）およびアシストモータ40により付与されるトルク指令値Ta\*の演算（ステップS258）を行なう。

【0089】次に、求めたトルク指令値Ta\*からトルク指令値Tc\*と目標トルクTe\*との差を減じて新たなトルク指令値Ta\*を設定する（ステップS259）。ここで、トルク指令値Tc\*は、図12のステップS220ないしS230の処理によって定まる図7のステップS134以降に用いられるトルク指令値Tc\*である。即ち、図12のステップS230の処理を実行する場合には、この処理で設定された新たなトルク指令値Tc\*であり、ステップS230を実行しない場合には、図5のステップS106で設定されたトルク指令値Tc\*である。

【0090】こうした新たなトルク指令値Ta\*を設定すると、次に、このトルク指令値Ta\*がアシストモータ40によって付与し得る最大トルクTmaxを越えているか否かの判断を行なって（ステップS260）、越えている場合には最大値に制限する処理を行なう（ステップS262）。そして、上述した図11のステップS164ないしS174の処理を行なう。

【0091】第2実施例の動力伝達装置20Bでは、クラッチモータ制御とアシストモータ制御を同期して行なう。即ち、クラッチモータ制御における三相コイル36に印加する電圧Vuc、Vvc、Vwcと、アシストモータ制御における三相コイル44に印加する電圧Vua、Vva、Vwaとを同時進行で演算し、クラッチモータ制御におけるトランジスタTr1乃至Tr6のオン時間のPWM制御（図7のステップS147）と、アシストモータ制御におけるトランジスタTr11乃至Tr16のオン時間をPWM制御（図11のステップS174）を同期して行なう。

【0092】このようにクラッチモータ制御とアシストモータ制御とを同期して行なうと共にアシストモータ制御のステップS259でトルク指令値Ta\*を

$$Ta* \leftarrow Ta* - (Tc* - Te*)$$

として求めて三相コイル44に印加する電圧を演算することにより、クラッチモータ30を介して駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分をアシストモータ40により打ち消すことができる。

【0093】図14に、目標トルクTe\*および目標回転数Ne\*の運転ポイントで定常運転状態にあるエンジン50の回転数Ne、クラッチモータ30のトルクTc、アシストモータ40のトルクTaおよび駆動軸22に出力されるトルクTdの一例を示す。図示するよう

に、エンジン50の回転数Neが目標回転数Ne\*を中心として脈動するから、この回転数Neを目標回転数Ne\*とするよう伝達トルクTcも目標トルクTe\*を中心として脈動する。一方、定常状態から演算されるトルク指令値Ta\*（ステップS258）は一定であるが、このトルク指令値Ta\*からトルク指令値Tc\*と目標トルクTe\*との差が減じられるから、アシストモータ40のトルク指令値Ta\*はクラッチモータ30の伝達トルクTcと同じ振幅で脈動することになる。このトルク指令値Ta\*の脈動は、クラッチモータ制御とアシストモータ制御とが同期して行なわれるから、クラッチモータ30の伝達トルクTcの脈動と位相が $\pi$ だけずれる。駆動軸22へはクラッチモータ30からの伝達トルクTcとアシストモータ40からのトルクTaが作用するから、クラッチモータ30の伝達トルクTcの脈動成分とアシストモータ40のトルクTaの脈動成分が打ち消し合って脈動のないトルクが作用することになる。

【0094】以上説明した第2実施例の動力伝達装置20Bによれば、エンジン50の回転数Neをクラッチモータ30のトルクTcによってフィードバック制御することに伴ってエンジン50の脈動する動力が駆動軸22に伝達されても、クラッチモータ30の伝達トルクTcの脈動成分を打ち消し合うようアシストモータ40のトルクTaを制御するから、駆動軸22へは脈動成分のないトルクを作用させることができる。したがって、エンジン50の脈動する出力に基づく車両の振動を防止することができ、乗り心地をより向上させることができる。

【0095】第2実施例では、クラッチモータ30のトルクTcの脈動成分をアシストモータ40の脈動成分として加減して、駆動軸22にクラッチモータ30を介して伝達されるトルクの脈動成分を打ち消したが、クラッチモータ30により駆動軸22に伝達されるトルクの脈動波形をエンジン50の運転ポイント毎に予め測定して記憶しておき、エンジン50の運転ポイントに応じて記憶した脈動波形を反転してアシストモータ40のトルク指令値Ta\*に付加することにより、駆動軸22にクラッチモータ30を介して伝達されるトルクの脈動成分を打ち消すものとしてもよい。この場合、クラッチモータ制御とアシストモータ制御を同期して実行する必要はなく、反転させた脈動波形のアシストモータ40のトルク指令値Ta\*への付加のタイミングをレゾルバ39により検出されるエンジン50のクランクシャフト56の回転角度 $\theta_e$ に基づいて行なえばよい。

【0096】次に本発明の第3の実施例である動力伝達装置20Cについて説明する。第3実施例の動力伝達装置20Cは、第1実施例の動力伝達装置20と同一のハード構成をしている。したがって、第2実施例の動力伝達装置20Cのハード構成についての説明および動力伝達装置20Cの基本的な動作原理についての説明は省略する。なお、第3実施例の以下の説明でも明示しない限

り第1実施例の説明の際に用いた符号をそのまま同じ意味で用いる。

【0097】第3実施例の動力伝達装置20Bでも、第1実施例の動力伝達装置20の制御装置80が実行する図5のトルク制御を実行するが、ステップS108で実行する図6および図7のクラッチモータ制御に代えて第2実施例で実行する図12および図7のクラッチモータ制御と同一の制御を、ステップS110で実行する図10および図11のアシストモータ制御に代えて図10および図15のアシストモータ制御を実行する。クラッチモータ制御については第2実施例で既に説明したので、その説明は省略する。以下に、第3実施例の動力伝達装置20Bが実行するアシストモータ制御について第1実施例における制御と異なる点を中心に説明する。

【0098】アシストモータ制御が実行されると、制御CPU90は、まず第1実施例のアシストモータ制御（図10）のステップS150ないしS162の処理と同一の処理を実行する。この処理については、第1実施例で詳述したので、その説明は省略する。

【0099】続いて図15の処理に移って、制御CPU90は、駆動軸22の回転角度 $\theta_d$ をレゾルバ48を用いて検出し（ステップS360）、正弦波トルクが決定されたか否かを判定する（ステップS362）。ここで、正弦波トルクは、駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分を低減するトルクであり、後述する正弦波トルク決定処理ルーチンにより定められるものである。

【0100】説明の都合上、ここで、正弦波トルク決定処理ルーチンについて説明する。この正弦波トルク決定処理ルーチンは、クラッチモータ制御（図12）でエンジン50の回転数 $N_e$ がクラッチモータ30のトルク $T_c$ によりフィードバック制御されるようになったときに、即ちステップS226で偏差 $\Delta N_e$ の絶対値が閾値 $N_{ref1}$ 以下となったときに実行され、駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分を低減するトルク（正弦波トルク）を決定する。

【0101】本ルーチンが実行されると、制御CPU90は、まずエンジン50の回転数 $N_e$ を読み込む処理を実行する（ステップS380）。そして、この読み込んだエンジン50の回転数 $N_e$ から駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分の周波数を決定する（ステップS382）。駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分はエンジン50からの脈動する出力に基づくから、エンジン50の1回転当たりの脈動回数が既知であれば、エンジン50の回転数 $N_e$ を検出することによりトルクの脈動成分の周波数を求めることができる。なお、エンジン50の1回転当たりの脈動回数は、エンジン50の種類や気筒数、各気筒のピストンとクランクシャフト56との結合の仕方等により定まるものである。

【0102】次に、エンジン50の回転数 $N_e$ から求めた周波数で所定の振幅の正弦波のトルク（正弦波トル

ク）を順次位相を変えて駆動軸22に付加すると共に、駆動軸22の回転数 $N_d$ を検出して駆動軸22の回転むらを検出し、この回転むらの振幅が最も小さくなる位相を求め、その位相を正弦波トルクの位相として決定する（ステップS384）。ここで、所定の振幅は、実施例では、過去の実験により駆動軸22に生じるトルクの脈動成分の平均値等として定められたものであるが、正弦波トルクの位相を変えることにより、駆動軸22の回転むらに変化し得る程度の値であれば如何なる値でも差し支えない。また、駆動軸22の回転むらは、駆動軸22の回転数 $N_e$ を所定時間毎に複数回検出することによって求めることができる。また、回転むらの振幅は、脈動成分の振幅に応じて定まる。正弦波トルクを駆動軸22に付加する手法としては、例えば、アシストモータ40のトルク指令値 $T_{a*}$ に、駆動軸22の回転角度 $\theta_d$ に応じた正弦波トルクの値を加えて新たなトルク指令値 $T_{a*}$ を設定し、この新たなトルク指令値 $T_{a*}$ を用いて図11のステップS166ないしS174の処理をすればよい。なお、実施例では、位相は、値0に $\pi/6.4$ ずつ加えて変化させたが、変化させる値は如何なる値であっても差し支えない。

【0103】続いて、正弦波トルクを決定した位相で順次振幅を変えて駆動軸22に付加すると共に、駆動軸22の回転むらを検出し、この回転むらの振幅が最も小さくなる振幅を求め、その振幅を正弦波トルクの振幅として決定し（ステップS384）、本ルーチンを終了する。実施例では、振幅は、前述の所定の振幅の50分の1の大きさの値ずつ所定の振幅から変化させたが、変化させる値は、如何なる値であっても差し支えない。こうして駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分を低減することができる正弦波トルクの周波数、位相および振幅を決定する。

【0104】図15のアシストモータ制御処理に戻ってステップS362以降を説明する。上述した正弦波トルクは、エンジン50の回転数 $N_e$ が定常状態に至ったと判断されたときに図16の正弦波トルク決定処理ルーチンにより実行されて決定されるから、エンジン50の回転数 $N_e$ が定常状態に至っていないときや、エンジン50の回転数 $N_e$ が定常状態に至っていても図16の正弦波トルク決定処理ルーチンにより正弦波トルクがまだ決定されていないときには、ステップS366ないしS374の処理、即ち図11のステップS166ないしS174と同一の処理を行なう。この処理についても第1実施例で詳細に説明したので、ここではその説明は省略する。

【0105】一方、正弦波トルクが決定されていると、ステップS360で読み込んだ駆動軸22の回転角度 $\theta_d$ に対応する正弦波トルクの値、即ち、正弦波トルクを現わす式において駆動軸22の回転角度 $\theta_d$ に対応する時刻のときの値を付加トルク $T_{as}$ として決定し（ステ

ップS364)、この付加トルク $T_{as}$ をトルク指令値 $T_{a*}$ に加えて新たなトルク指令値 $T_{a*}$ として設定して(ステップS365)、ステップS366以降の処理を行なう。

【0106】以上説明した第3実施例の動力伝達装置20Cによれば、駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分を、エンジン50の回転数 $N_e$ に基づいて求めた周波数で、順次変化させて定めた位相および振幅の正弦波のトルクを駆動軸22に付加することにより低減することができる。この結果、エンジン50の脈動する出力に基づく車両の振動を防止することができ、乗り心地をより向上させることができる。しかも、位相および振幅は、エンジン50の回転数 $N_e$ が定常状態に至ったとき毎に定めるから、経年使用により伝達されるトルクの脈動成分が変化しても、その変化した脈動成分を低減することができる。

【0107】第3実施例の動力伝達装置20Cでは、駆動軸22に伝達されるトルクの脈動成分を周波数、位相および振幅を調整した正弦波のトルクにより低減したが、この正弦波トルクを付加した上に、この正弦波トルクを付加した駆動軸22の回転数 $N_d$ により検出される回転むらから、この回転むらを低減し得る第2の正弦波トルクを求めて更に付加するものとしてもよい。即ち、正弦波トルクを付加した後の駆動軸22に生じるトルクの脈動成分から第2の正弦波トルクを求めて更に付加するのである。第2の正弦波トルクの周波数は、駆動軸22の回転むらから求めることができ、第2の正弦波トルクの位相と振幅は、上述の処理と同様の処理にて決定すればよい。更に、第3の正弦波トルク、第4の正弦波トルク等を求めて付加するものとしてもよい。

【0108】以上説明した第1ないし第3の実施例では、エンジン50の回転数 $N_e$ をクラッチモータ30のトルク $T_c$ によりフィードバック制御したが、エンジン50の回転数 $N_e$ と駆動軸22の回転数 $N_d$ との偏差が目標回転数 $N_{e*}$ と回転数 $N_d$ との偏差に一致するようにクラッチモータ30のトルク $T_c$ によりフィードバック制御する構成としてもよい。

【0109】以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【0110】例えば、図1に示した動力伝達装置を4輪駆動車(4WD)に適用した場合は、図17に示すごとくになる。図17に示す構成では、駆動軸22に機械的に結合していたアシストモータ40を駆動軸22より分離して、車両の後輪部に独立して配置し、このアシストモータ40によって後輪部の駆動輪27、29を駆動する。一方、駆動軸22の先端はギヤ23を介してディファレンシャルギヤ24に結合されており、この駆動軸22によって前輪部の駆動輪26、28を駆動する。この

ような構成の下においても、前述した第1実施例を実現することは可能である。

【0111】また、図18(a)に示すように、アシストモータ40がエンジン50とクラッチモータ30との間に介在するよう配置された構成や図18(b)に示すように、アシストモータ40がエンジン50を挟んでクラッチモータ30と対峙するよう配置された構成でも、前述した第1実施例を実現することができる。

【0112】ところで、上述した各実施例では、エンジン50としてガソリンにより運転されるガソリンエンジンを用いたが、脈動する出力により動力を得るタイプの原動機であれば如何なる原動機であっても用いることができる。

【0113】また、実施例では、クラッチモータ30及びアシストモータ40としてPM形(永久磁石形; Permanent Magnet type)同期電動機を用いていたが、回生動作及び力行動作を行なわせるのであれば、その他にも、VR形(可変リラクタンス形; Variable Reluctance type)同期電動機や、バーニアモータや、直流電動機や、誘導電動機や、超電導モータや、ステップモータなどを用いることもできる。

【0114】さらに、実施例では、クラッチモータ30に対する電力の伝達手段として回転トランス38を用いたが、その他、スリップリングーブラシ接触、スリップリングー水銀接触、或いは磁気エネルギーの半導体カップリング等を用いることもできる。

【0115】あるいは、実施例では、第1および第2の駆動回路91、92としてトランジスタインバータを用いたが、その他に、IGBT(絶縁ゲートバイポーラモードトランジスタ; Insulated Gate Bipolar mode Transistor)インバータや、サイリスタインバータや、電圧PWM(パルス幅変調; Pulse Width Modulation)インバータや、方形波インバータ(電圧形インバータ、電流形インバータ)や、共振インバータなどを用いることもできる。

【0116】また、バッテリー94としては、Pbバッテリー、NiMHバッテリー、Liバッテリーなどを用いることができるが、バッテリー94に代えてキャパシタを用いることもできる。

【0117】ところで、以上の各実施例では、動力伝達装置を車両に搭載する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、船舶、航空機などの交通手段や、その他各種産業機械などに搭載することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例としての動力伝達装置20の概略構成を示す構成図である。

【図2】図1の動力伝達装置20を構成するクラッチモータ30及びアシストモータ40の構造を示す断面図である。

【図3】図1の動力伝達装置20を組み込んだ車両のエンジン50を含む概略構成を示す構成図である。

【図4】動力伝達装置20の動作原理を説明するためのグラフである。

【図5】制御装置80により実行されるトルク制御処理の一例を示すフローチャートである。

【図6】制御装置80により実行されるクラッチモータ30の制御の基本的な処理の前半部分を例示するフローチャートである。

【図7】制御装置80により実行されるクラッチモータ30の制御の基本的な処理の後半部分を例示するフローチャートである。

【図8】エンジン50のトルク $T_c$ と回転数 $N_e$ の脈動を例示する説明図である。

【図9】フィードバック制御の処理を説明するグラフである。

【図10】制御装置80により実行されるアシストモータ40の制御の基本的な処理の前半部分を例示するフローチャートである。

【図11】制御装置80により実行されるアシストモータ40の制御の基本的な処理の後半部分を例示するフローチャートである。

【図12】第2実施例の動力伝達装置20Bの制御装置80により実行されるクラッチモータ30の制御の基本的な処理の前半部分を例示するフローチャートである。

【図13】第2実施例の動力伝達装置20Bの制御装置80により実行されるアシストモータ40の制御の基本的な処理の前半部分を例示するフローチャートである。

【図14】第2実施例における目標トルク $T_{e*}$ および目標回転数 $N_{e*}$ の運転ポイントで定常運転状態にあるエンジン50の回転数 $N_e$ 、クラッチモータ30のトルク $T_c$ 、アシストモータ40のトルク $T_a$ および駆動軸22に出力されるトルク $T_d$ の一例を示す説明図である。

【図15】第3実施例の動力伝達装置20Cの制御装置80により実行されるアシストモータ40の制御の基本的な処理の後半部分を例示するフローチャートである。

【図16】第3実施例の動力伝達装置20Cの制御装置80により実行される正弦波トルク決定処理ルーチンを例示するフローチャートである。

【図17】第1実施例の動力伝達装置20を4輪駆動車に適用した場合の構成を示す構成図である。

【図18】第1実施例の動力伝達装置20の変形例を示す構成図である。

【符号の説明】

20…動力伝達装置

22…駆動軸

23…ギヤ

24…ディファレンシャルギヤ

26, 28…駆動輪

27, 29…駆動輪

30, 40…両モータ

30…クラッチモータ

32…アウトロータ

34…インナロータ

35…永久磁石

36…三相コイル

37A, 37B…ベアリング

38…回転トランス

38A…一次巻線

38B…二次巻線

39…レゾルバ

40…アシストモータ

42…ロータ

43…ステータ

44…三相コイル

45…ケース

46…永久磁石

48…レゾルバ

49…ベアリング

50…エンジン

51…燃料噴射弁

52…燃焼室

54…ピストン

56…クランクシャフト

57…ホイール

58…イグナイタ

59a…圧入ピン

59b…ネジ

60…ディストリビュータ

62…点火プラグ

64…アクセルペダル

65…アクセルペダルポジションセンサ

66…スロットルバルブ

67…スロットルバルブポジションセンサ

68…アクチュエータ

70…EFI ECU

72…吸気管負圧センサ

74…水温センサ

76…回転数センサ

78…回転角度センサ

79…スタートスイッチ

80…制御装置

82…シフトレバー

84…シフトポジションセンサ

90…制御CPU

90a…RAM

90b…ROM

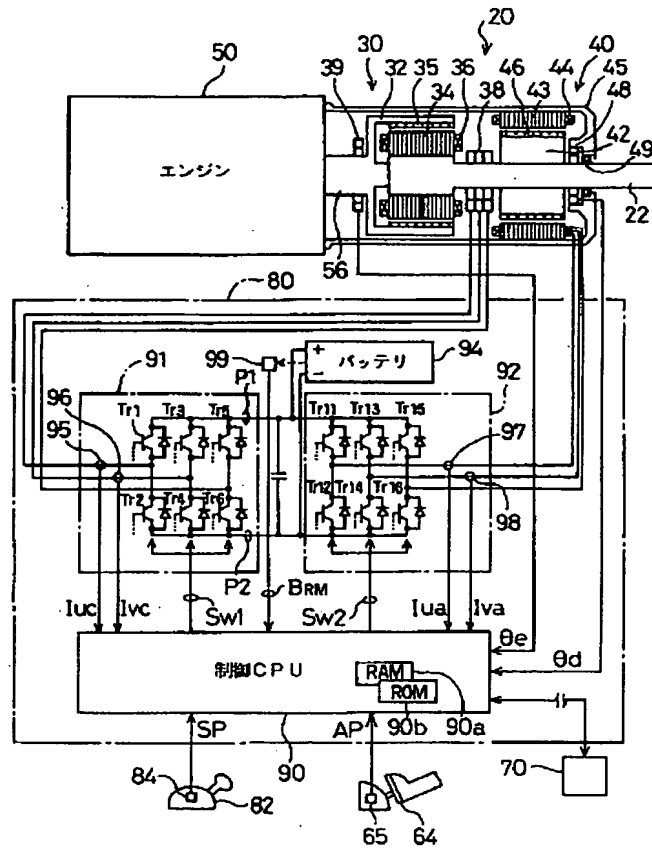
91, 92…駆動回路

91, 92…両駆動回路

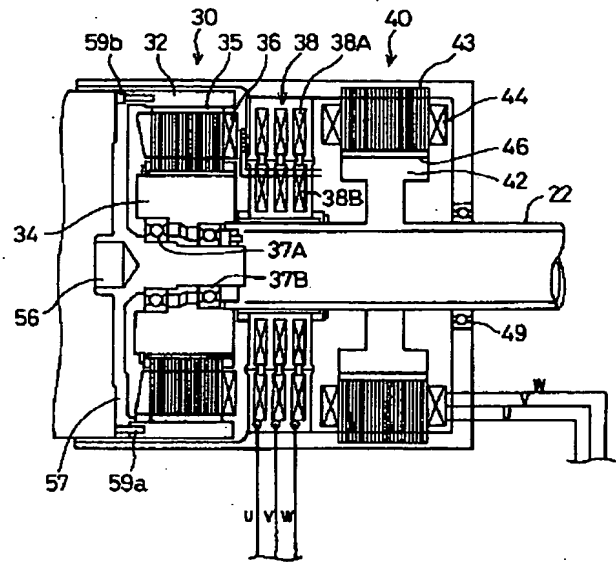
- 91…駆動回路  
92…駆動回路  
94…バッテリー

- 95, 96…電流検出器  
97, 98…電流検出器  
99…残容量検出器

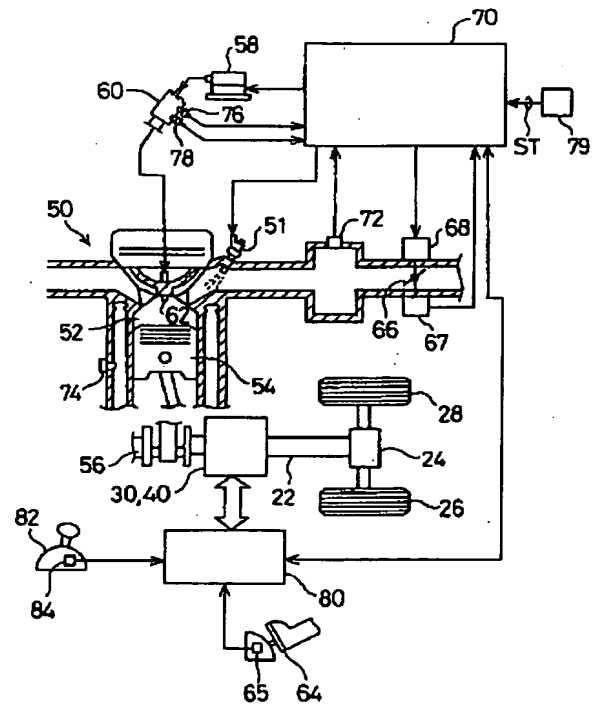
【図1】



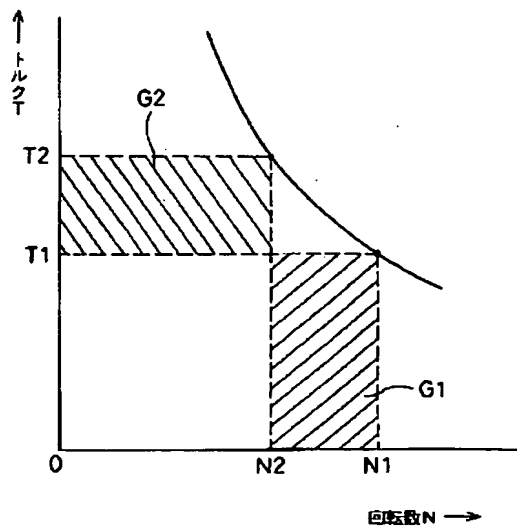
【図2】



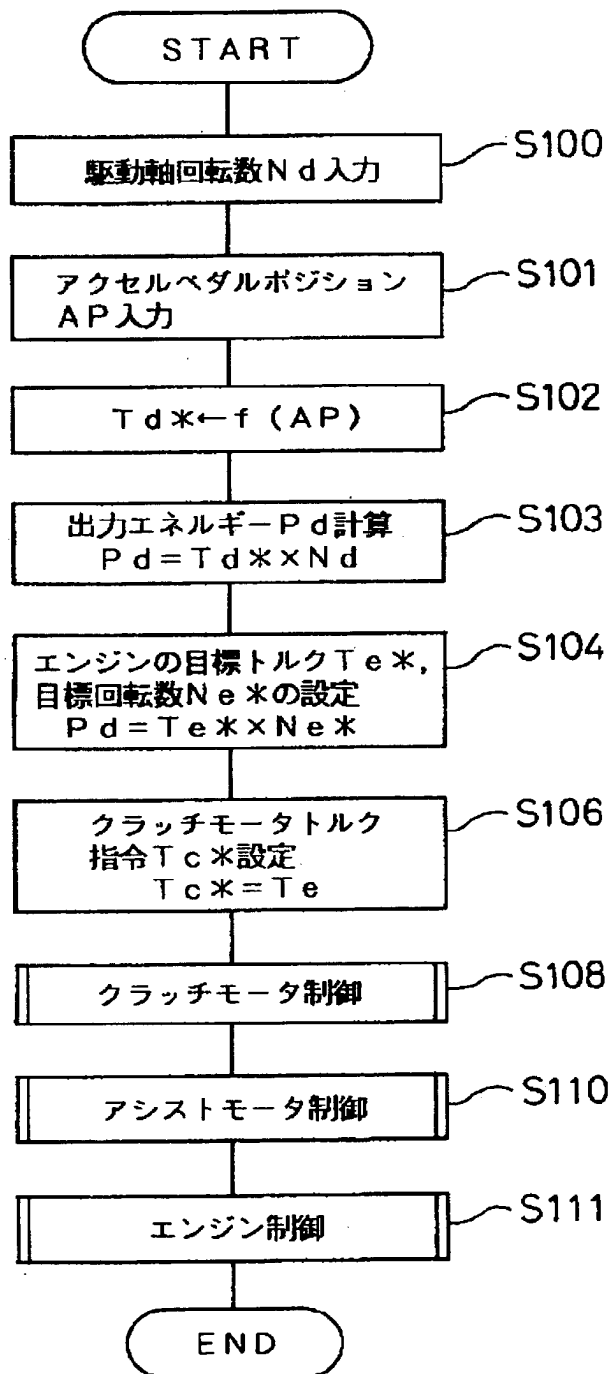
【図3】



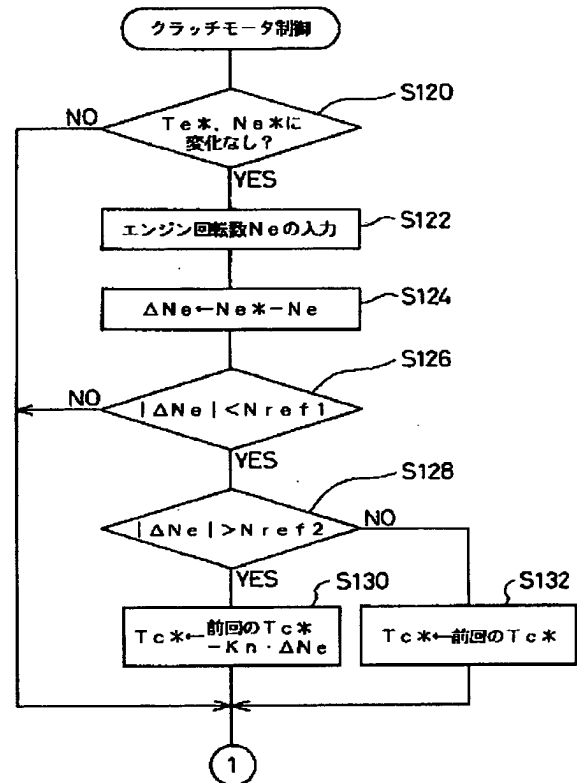
【図4】



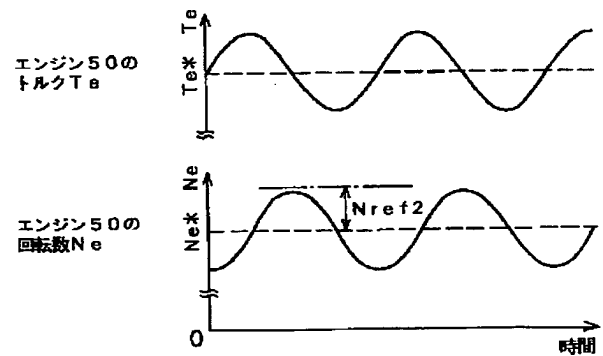
【図5】



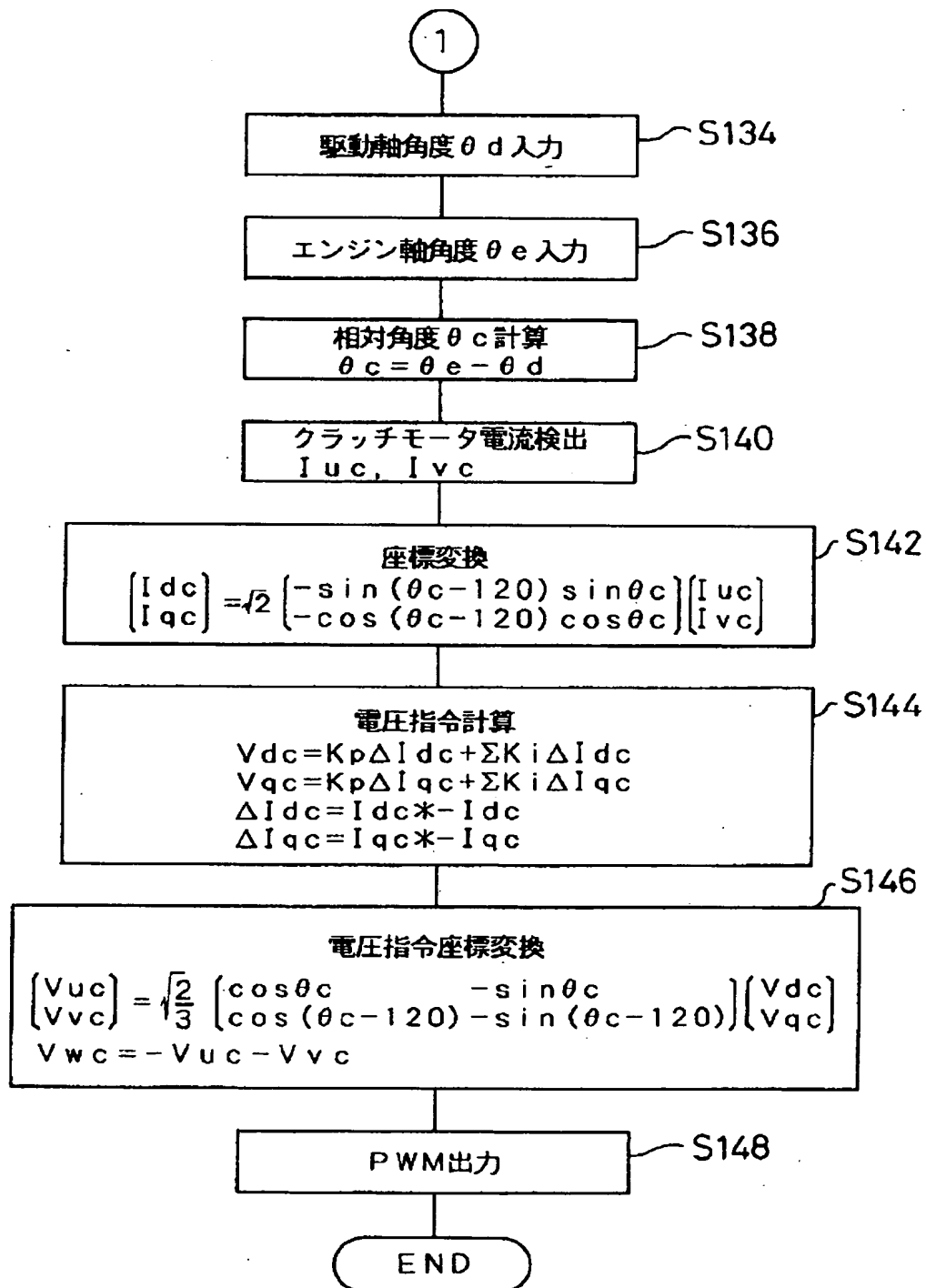
【図6】



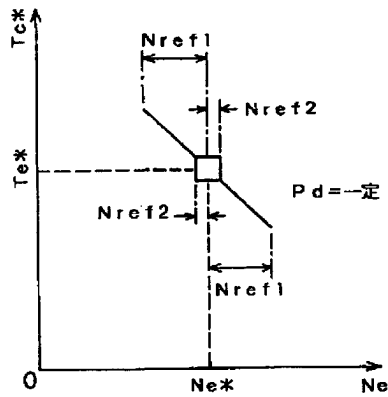
【図8】



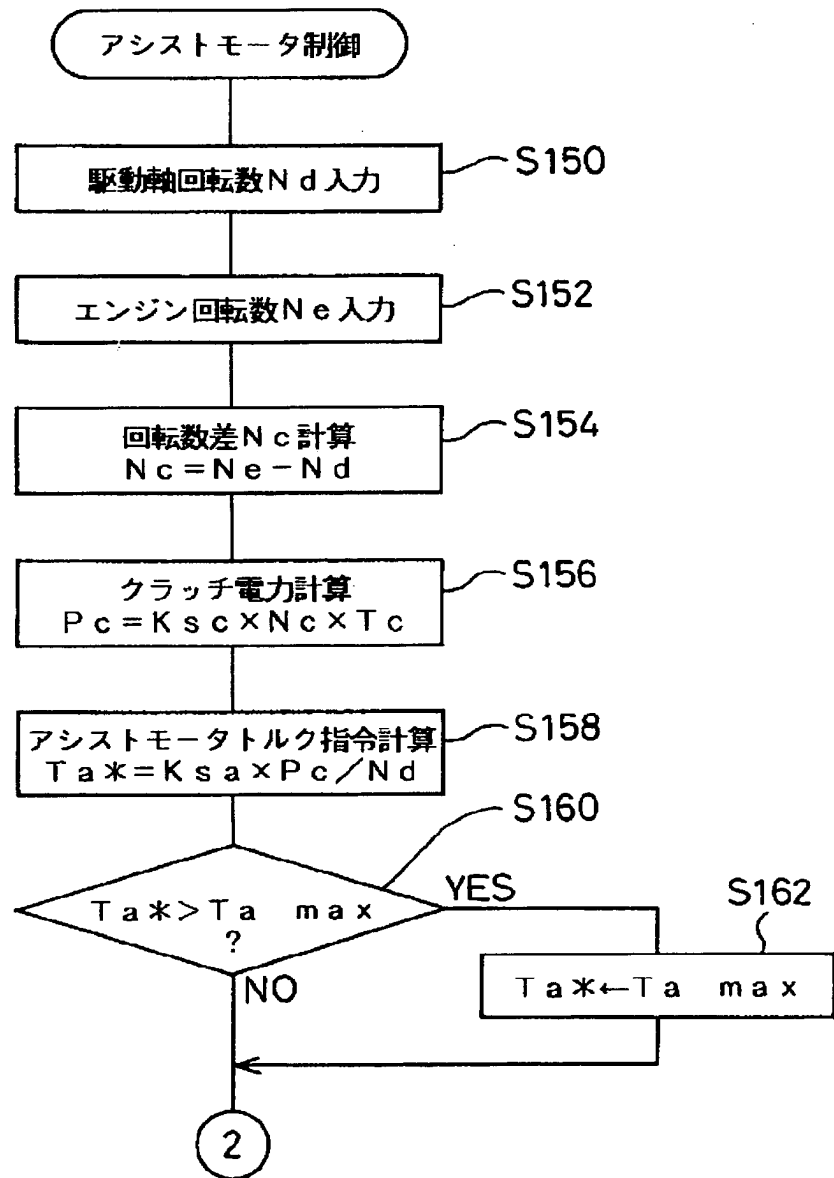
【図7】



【図9】

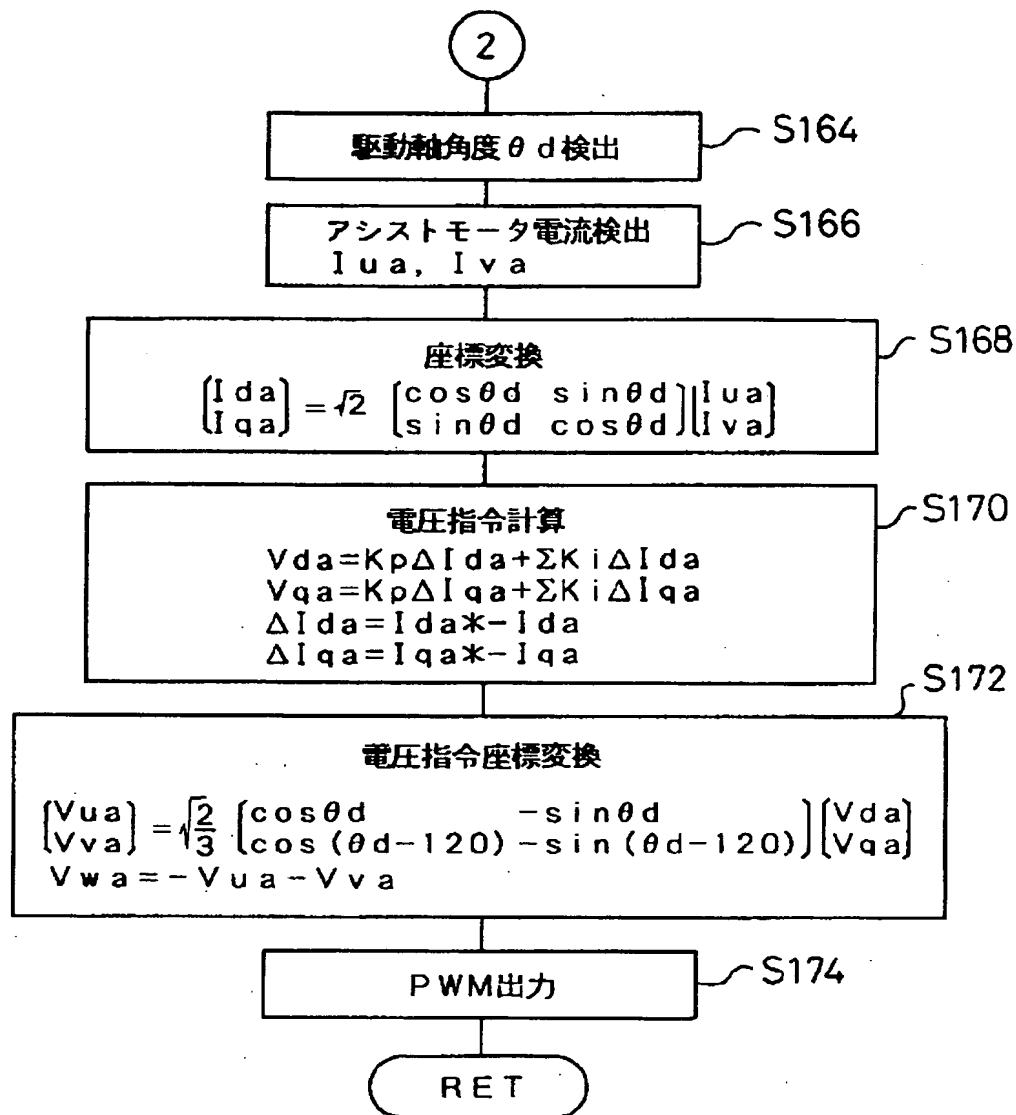


【図10】

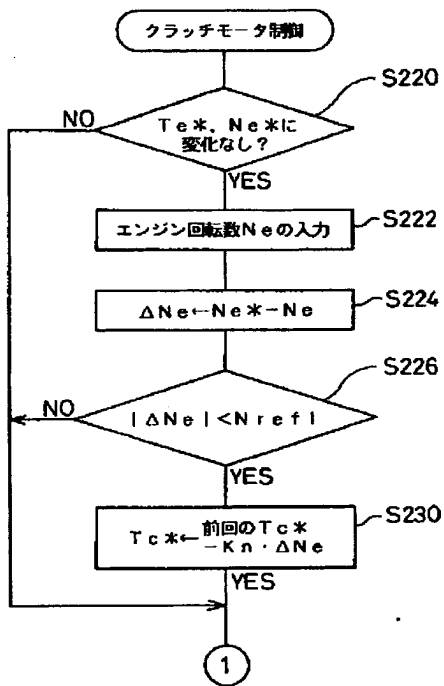




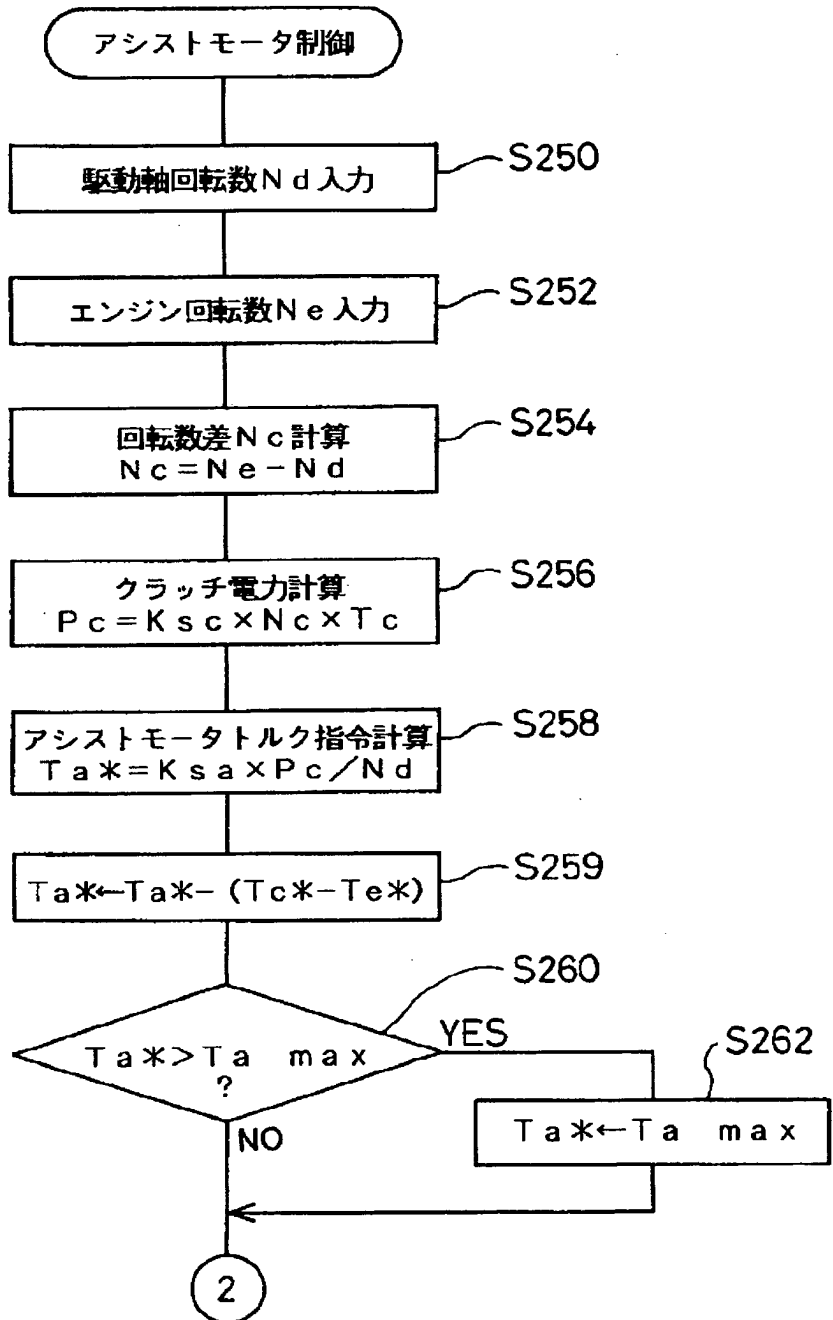
【図11】



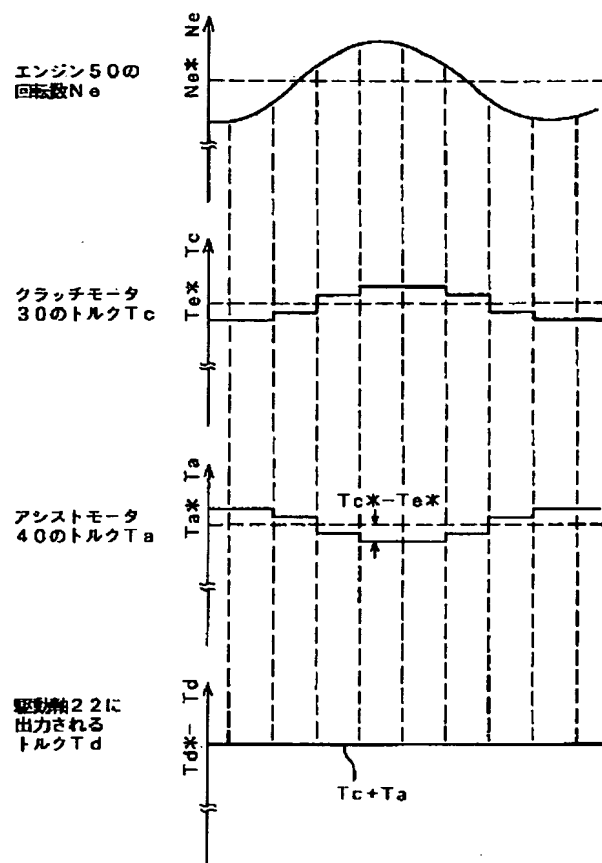
【図12】



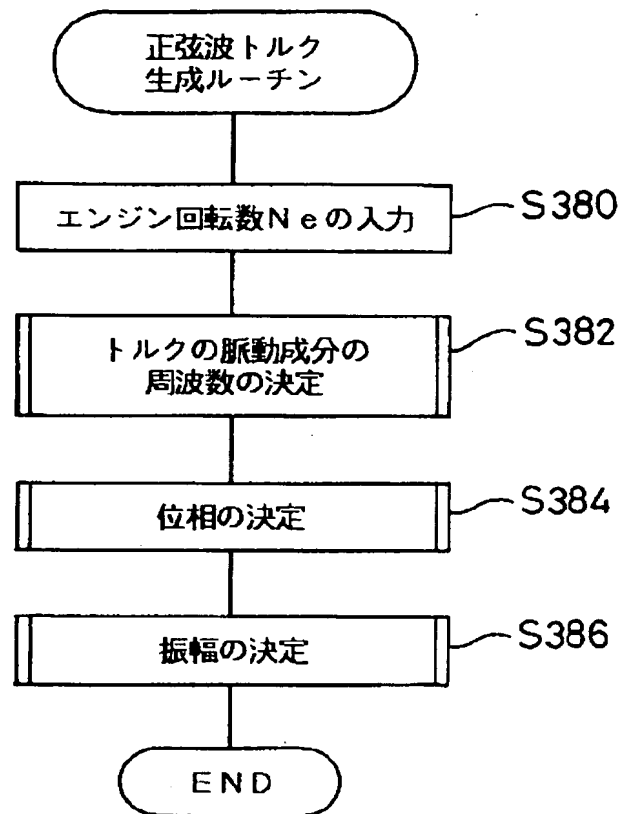
【図13】



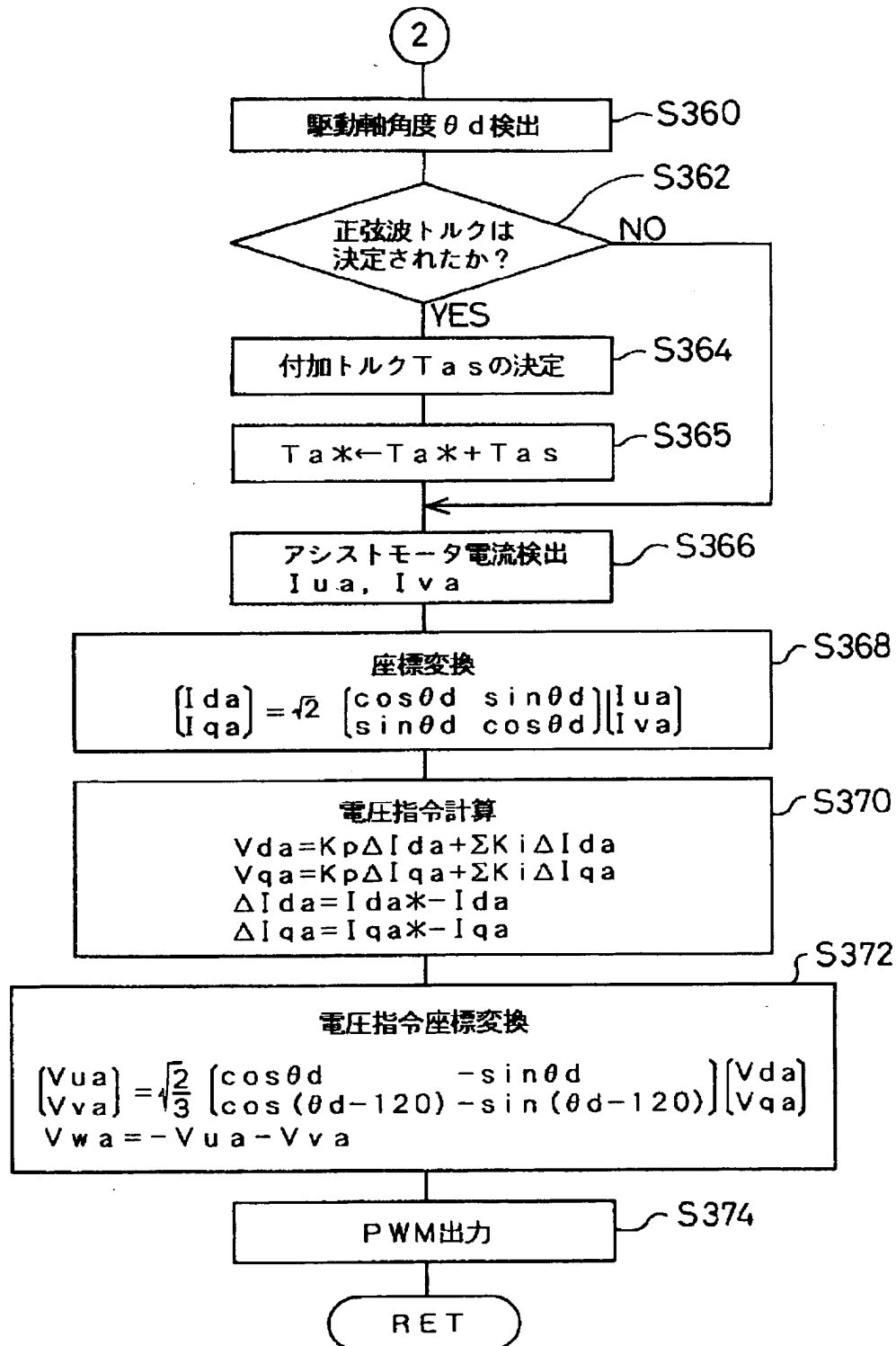
【図14】



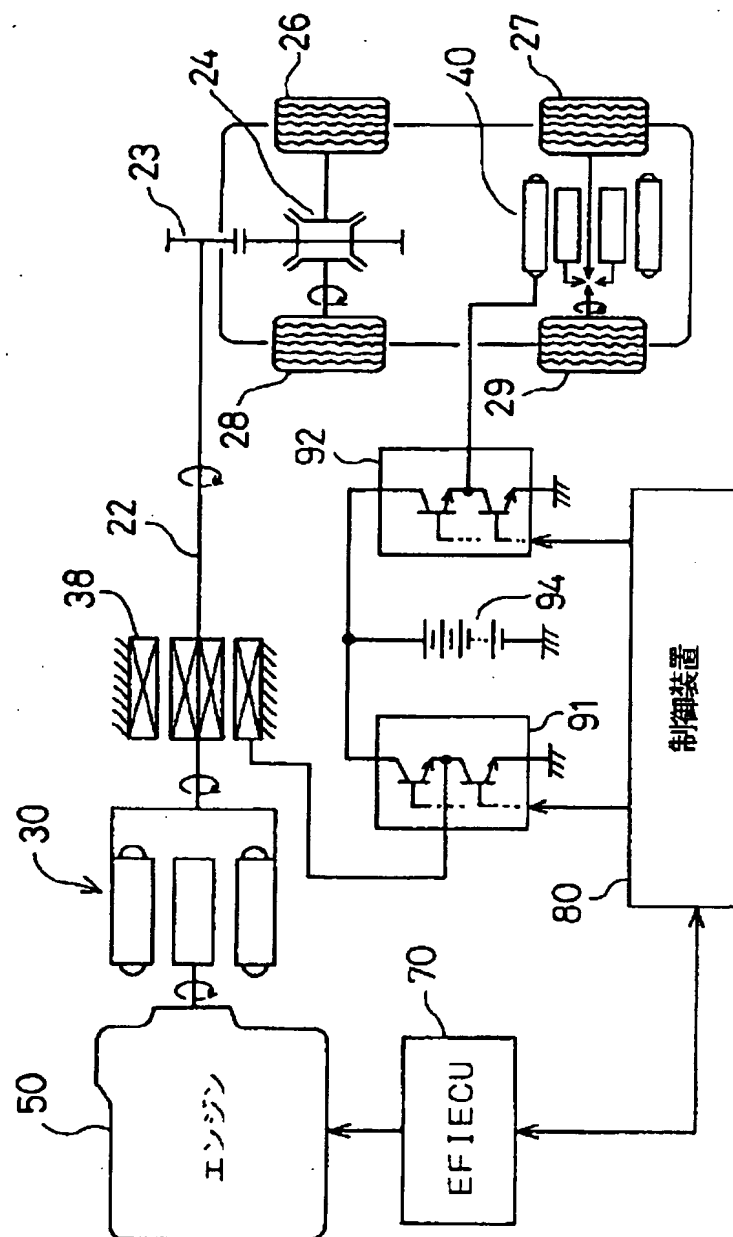
【図16】



【図15】

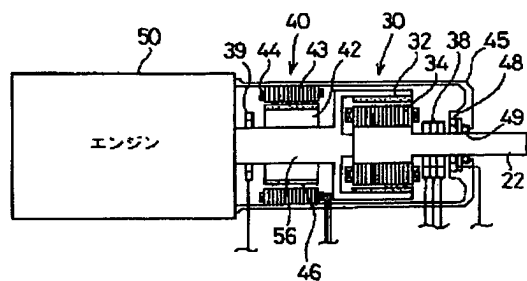


【図 17】

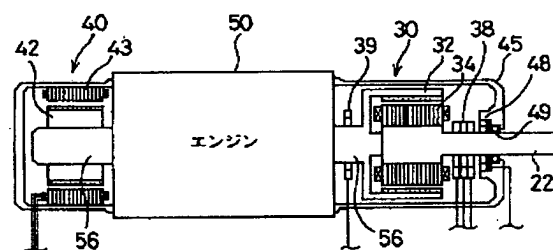


【図18】

(a)



(b)



【手続補正書】

【提出日】平成8年7月5日

【手続補正1】

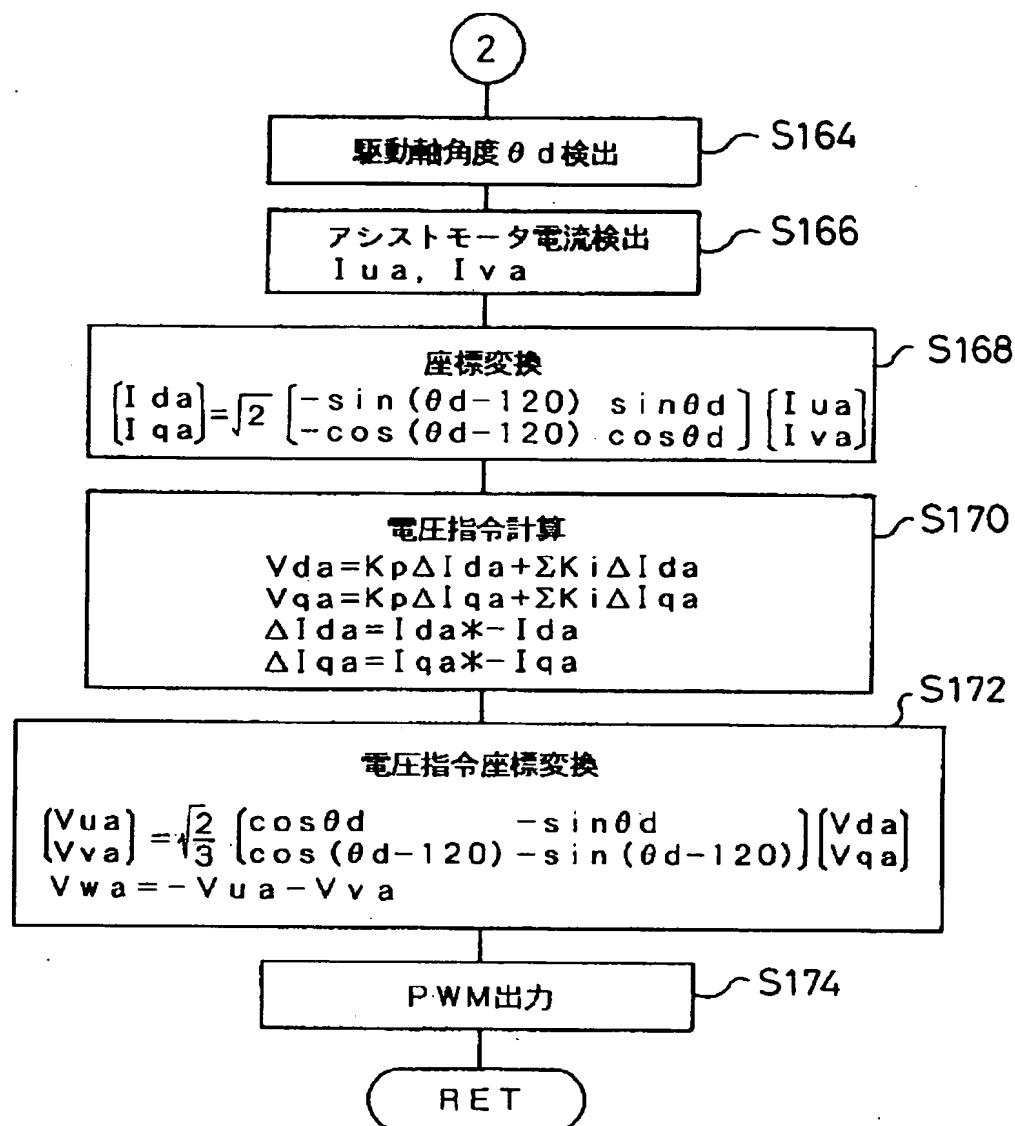
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】



【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図15

【補正方法】変更

【補正内容】

【図15】

